

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
EKONOMICKÁ FAKULTA

KATEDRA PODNIKOHOSPODÁŘSKÁ

Analýza vybraných procesů v logistice výrobního podniku

Analysis of selected processes in logistics of manufacturing company

Student: Bc. Ondřej Londin

Vedoucí diplomové práce: Ing. Leo Tvrdoň, Ph.D.

Ostrava 2013

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Ondřej Londin**
Studijní program: N6208 Ekonomika a management
Studijní obor: 6208T020 Ekonomika podniku
Specializace: 00 Ekonomika podniku
Téma: **Analýza vybraných procesů v logistice výrobního podniku**
Analysis of Selected Processes in Logistics of Manufacturing Company

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
2. Teoretická východiska logistiky a logistických procesů
3. Charakteristika vybrané společnosti
4. Analýza vybraných logistických procesů
5. Návrhy a doporučení opatření pro zefektivnění procesů v logistice
6. Závěr

Seznam použité literatury

Seznam zkratk

Prohlášení o využití výsledků diplomové práce

Seznam příloh

Přílohy

Seznam doporučené odborné literatury:

BAUER, Miroslav et al. *Kaizen: cesta ke štíhlé a flexibilní firmě*. Brno: BizBooks, 2012. 193 s. ISBN 978-80-265-0029-2.

MANGAN, John; Chandra LALWANI a Tim BUTCHER. *Global logistics and supply chain management*. Chichester: Wiley, 2008. 372 s. ISBN 978-0-470-06634-8.

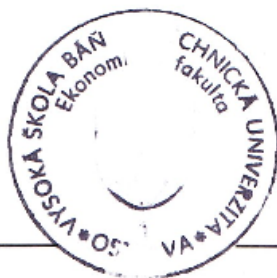
STEHLÍK, Antonín a Josef KAPOUN. *Logistika pro manažery*. Praha: Ekopress, 2008. 266 s. ISBN 978-80-86929-37-8.


Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **Ing. Leo Tvrdoň, Ph.D.**

Datum zadání: 23.11.2012

Datum odevzdání: 26.04.2013



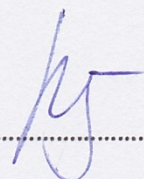

Ing. Josef Kašík, Ph.D.
vedoucí katedry


prof. Dr. Ing. Dana Dluhošová
děkanka fakulty

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně všech příloh vypracoval samostatně pod vedením Ing. Leo Tvrdoně, Ph.D. a všechny prameny, z nichž jsem čerpal, jsem uvedl v seznamu literatury.

V Ostravě dne: 23. 04. 2013


.....
Ondřej Londín

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych tímto poděkovat vedoucímu mé diplomové práce Ing. Leo Tvrdoňovi Ph.D. za jeho ochotu a odbornou pomoc, kterou mně při zpracovávání mé diplomové práce poskytl.

OBSAH

OBSAH.....	- 5 -
1 ÚVOD	- 7 -
2 TEORETICKÁ VÝCHODISKA LOGISTIKY A LOGISTICKÝCH PROCESŮ.....	- 8 -
2.1 POJMY LOGISTIKA A LOGISTICKÉ PROCESY	- 8 -
2.2 LOGISTICKÉ CÍLE	- 10 -
2.3 LOGISTICKÉ PŘÍSTUPY A TECHNOLOGIE	- 11 -
2.3.1 Principy štlhlé výroby	- 11 -
2.3.2 Total Flow Management	- 12 -
2.3.3 Teorie omezení	- 13 -
2.3.4 Celková efektivita zařízení	- 14 -
2.3.5 Total Productive Maintenance	- 17 -
2.3.6 Muda	- 19 -
2.3.7 Automatizace	- 22 -
3 CHARAKTERISTIKA VYBRANÉ SPOLEČNOSTI	- 24 -
3.1 LOGISTICKÉ CÍLE A POLITIKA SPOLEČNOSTI	- 25 -
3.2 VÝVOJ EKONOMICKÉ SITUACE PODNIKU	- 27 -
3.3 POPIS VÝROBNÍHO PROCESU V ZÁVODĚ XYZ S.R.O.	- 28 -
3.3.1 Oddělení slévárny	- 29 -
3.3.2 Oddělení obrobny	- 30 -
3.3.3 Oddělení lakovny	- 31 -
4 ANALÝZA VYBRANÝCH LOGISTICKÝCH PROCESŮ	- 32 -
4.1 ČASOVÁ ANALÝZA DÍLČÍCH ODDĚLENÍ VÝROBNÍHO PROCESU	- 32 -
4.1.1 Časová analýza oddělení slévárny	- 33 -
4.1.2 Časová analýza oddělení obrobny	- 35 -
4.2 CELKOVÁ EFEKTIVNOST VYBRANÝCH ZAŘÍZENÍ	- 37 -
4.2.1 OEE pro rentgen	- 38 -
4.2.2 OEE pro žihací pece	- 40 -
4.2.3 OEE pro obráběcí centra	- 42 -
4.2.4 OEE pro Helium leak test	- 44 -
4.3 MOŽNOSTI UPLATNĚNÍ AUTOMATIZAČNÍCH ZAŘÍZENÍ VE VÝROBNÍM PROCESU	- 45 -
4.3.1 Proces nakládání na žihací koše	- 46 -
4.3.2 Proces navěšování na háky automatického vertikálního dopravníku lakovací linky	- 49 -
4.3.3 Proces paletizace a balení hotových výrobků	- 52 -
5 NÁVRHY A DOPORUČENÍ OPATŘENÍ PRO ZEFEKTIVNĚNÍ PROCESŮ V LOGISTICE..	- 55 -
5.1 OPATŘENÍ PRO PRACOVISTĚ RENTGENU	- 55 -
5.2 OPATŘENÍ PRO PRACOVISTĚ ŽIHACÍCH PECÍ	- 57 -
5.3 OPATŘENÍ PRO PRACOVISTĚ CNC	- 60 -
5.4 OPATŘENÍ PRO PRACOVISTĚ HELIUM LEAK TEST	- 61 -
	- 5 -

5.5	SHRNUTÍ VŠECH NÁVRHŮ A DOPORUČENÍ.....	- 63 -
6	ZÁVĚR.....	- 65 -
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	- 66 -
	SEZNAM ZKRATEK.....	- 68 -
	PROHLÁŠENÍ O VYUŽITÍ VÝSLEDKŮ DIPLOMOVÉ PRÁCE.....	- 69 -
	SEZNAM PŘÍLOH.....	- 70 -

1 Úvod

V dnešní turbulentní době s rozvinutou formou globalizace je jakýkoliv podnik nucen neustále rozvíjet svůj potenciál a konkurenceschopnost. Nepřetržitý monitoring, vnějšího a vnitřního prostředí, vyvolává potřebu neustále zlepšovat procesy napříč celým podnikem, ale rovněž také v rámci dodavatelsko-odběratelských vztahů.

Znalost a aplikace různých logistických přístupů napomáhá odhalovat místa potenciálního zlepšení v téměř každé společnosti. Ve výrobním podniku s mnoha fázemi výrobního procesu se význam tohoto tvrzení umocňuje, a to právě množstvím operací nesoucí potenciál zlepšení. Aplikace logistických přístupů na všechny vnitropodnikové procesy, a rovněž všechny procesy přesahující hranice podniku tak s sebou přináší značně velký prostor pro zvýšení konkurenceschopnosti podniku.

Diplomová práce je rozdělena do tří hlavních kapitol. V první teoretické části této práce jsou přiblíženy všechny pojmy, přístupy a metody, jejichž znalost je nutná k pochopení aplikační části práce. Ve druhé části je představena společnost vyrábějící litá hliníková kola pro automobilový průmysl, včetně popisu jednotlivých fází výrobního systému. Tento podnik je v další části podroben analýze vybraných logistických procesů a za použití výsledků této analýzy jsou specifikovány oblasti jejich možného zefektivnění. Dále byly vybrány procesy vhodné k uplatnění principu automatizace a u takovýchto procesů byly navrženy principy technického řešení těchto automatizací. Výsledkem této práce jsou návrhy konkrétních opatření pro zefektivnění procesů v logistice tohoto podniku.

Cílem mé práce je analýza vybraných logistických procesů u konkrétního vybraného výrobního podniku. Na základě této analýzy byly nalezeny možnosti zefektivnění těchto procesů a byly zpracovány návrhy jejich realizace vedoucí k úsporám finančních prostředků podniku.

2 Teoretická východiska logistiky a logistických procesů

Před realizací praktické stránky analýzy je nutné se nejprve seznámit s teoretickým výkladem pojmů, metod a technologií vztahujících se ke zkoumané oblasti logistiky a jejích procesů. Znalost těchto teoretických východisek je nezbytná k pochopení kroků a postupů analýzy a jejich samotné aplikaci na zkoumaný subjekt.

2.1 Pojmy logistika a logistické procesy

Existuje mnoho přístupů k vnímání termínu logistika, z čehož vyplývá celá řada definic tohoto stále častěji slýchaného pojmu. Vyjdeme li však z etymologicky odvozeného řeckého základu „*logos*“ případně „*logistikon*“, dostaneme se k propojení slov *počítání* a *rozum*. I když je logistika vnímána jako poměrně mladá vědní disciplína, setkáme se s tímto pojmem již v období starověku, kdy bylo za logistiku považováno logické počítání s čísly.

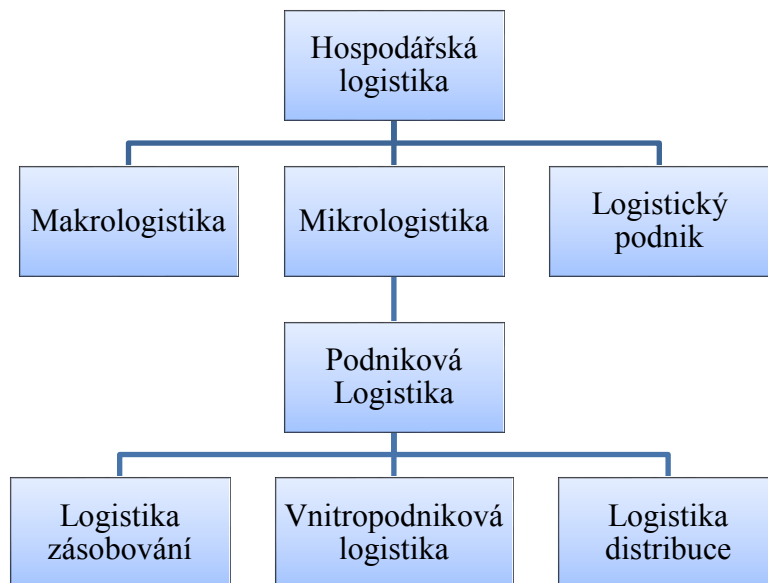
Logistice, jak ji chápeme dnes, dalo základ vojenství. Například během druhé světové války byly logistické přístupy a metody aplikovány ve formě plánování a modelování. Jednalo se především o uplatnění efektivního umístění a zásobování skladů, letišť, přístavů, ale také formy přeprav a paletizace. Paradoxně tak nejen druhá světová válka, ale vojenství obecně, obohatilo civilní sektor o základní principy a metody logistického uvažování.¹

Jak již jsem uvedl, přístupů k definování logistiky jako vědního oboru je nespočet. Je to dáno především šířkou záběru tohoto pojmu. Někteří autoři totiž definují logistiku pouze z hlediska jednotlivých logistických systémů, například vnitropodnikové logistiky. Logistiku je však možno vnímat z mnohem širšího hlediska, které zahrnuje všechny logistické řetězce, nezbytné k výrobě konkrétního výrobku. Zde patří všechny logistické procesy od těžby surovin nutných k výrobě tohoto výrobku až po prodej finálního produktu zákazníkovi. Toto široké chápání logistiky se nazývá *makrologistika*. *Mikrologistika* se pak zabývá logistickými systémy v rámci jedné organizace či podniku. Jednoduché členění logistiky zobrazuje *obrázek 2.1*. Podrobnější institucionální členění logistiky zobrazuje *příloha č. 1*.

¹ DANĚK, J. Logistika.

Obrázek 2. 1: Členění logistiky

Zdroj: SIXTA, J. a MAČÁT, V. Logistika – teorie a praxe. 2005. s. 46



Evropská logistická asociace definuje logistiku jako: „*Organizaci, plánování, řízení a výkon toků zboží vývojem a nákupem počínaje, výrobou a distribucí podle objednávky finálního zákazníka konče, tak aby byly splněny požadavky trhu při minimálních nákladech a minimálních kapitálových výdajích.*“²

Poněkud z jiného úhlu pohledu je logistika vnímána dle definice Mezinárodního institutu pro řízení logistiky: „*Logistika je operační a strategický nástroj. Logistika je výtečný nástroj pro soukromé nebo veřejné společnosti k systematickému zkvalitňování souladu s přáním zákazníků, zlepšování flexibility výroby, vytváření celistvé organizace s partnery, poskytovateli služeb, spolupracujícími firmami, distributory a zákazníky.*“³

Pro potřeby této práce budeme pod pojmem logistika dále vnímat pouze podnikovou logistiku neboli mikrologistiku.

Logistický proces je další pojem, jenž je nezbytné správně chápat. Procesem bývá označován sled určitých činností, při kterých dochází k aktivnímu působení na vznikající produkt (popřípadě službu), jenž přináší určitou hodnotu pro jeho uživatele. Tímto uživatelem

² SIXTA, J; ŽIŽKA, M. *Logistika: metody používané pro řešení logistických projektů*. s. 25

³ PERNICA, P. *Arts of logistics*. s. 17

však nemusí být pouze konečný zákazník. Uživatelem v tomto ohledu může být rovněž vnitropodnikový útvar užívající (spotřebovávající) produkt jiného vnitropodnikového útvaru.

Jednoduchou obecnou definici pojmu **proces** uvádí ve své publikaci Svozilová (2011): „*Proces je série logicky souvisejících činností nebo úkolů, jejichž prostřednictvím – jsou-li postupně vykonány – má být vytvořen předem definovaný soubor výsledků.*“

Díváme-li se na proces z hlediska vývoje v čase, nazýváme jej **procesní tok**. Většina těchto procesních toků je uskutečněna uvnitř hranic zkoumaného podniku. Je však nutné sledovat všechny procesní toky a při komplexní analýze procesů tak nesmíme opomenout ty procesy, které přesahují hranice podniku (procesy v rámci dodavatelsko-odběratelských vztahů).

Z předcházejícího textu je patrný význam pojmu **logistický proces**, který představuje analytický pohled na logistiku. Pozorování, analýza, statistika a experiment jsou nástroji takzvaného **procesního přístupu** v řízení logistiky a uplatnění těchto nástrojů zdokonaluje poznání konkrétních logistických procesů, které je nezbytné k jejich optimalizaci.⁴

2.2 Logistické cíle

Logistické cíle konkrétního podniku, systému či jednotlivých procesů není možno definovat bez návaznosti na vizi, strategii a cíle organizace jako celku. Cíle podnikové logistiky totiž musí při jejich plnění napomáhat k dosažení celopodnikového cíle.

Základním logistickým cílem je uspokojení potřeby zákazníků. Zákazník zde tvoří nejdůležitější článek celého řetězce, jelikož právě zákazník reprezentuje požadavky vlastností zboží a dodávky zboží (popřípadě služby) a je rovněž konečným článkem logistického řetězce. Uspokojení potřeby zákazníků bývá označován jako **vnější logistický cíl**. Do této skupiny logistických cílů lze například zařadit zvyšování objemu produkce, zkracování dodacích lhůt, zvyšování spolehlivosti a bezchybnosti dodávek, či flexibility logistických služeb. Zde je patrná podstata faktoru času při dosahování logistických cílů. Čas je považován za jedno z nejdůležitějších hledisek logistického řízení. Vnějších logistických cílů lze

⁴ VIESTOVÁ, K. *Lexikón logistiky*.

dosáhnout v návaznosti na splnění **vnitřních logistických cílů**. Jde především o cíle logistiky vedoucí ke snižování nákladů. Jedná se o kombinaci **výkonového cíle logistiky** a **ekonomického cíle logistiky**. Výkonovým cílem logistiky je požadovaná úroveň služeb, neboli zabezpečení dodání požadovaného množství správného zboží, na správné místo, správnému zákazníkovi, ve správném čase. Ekonomickým cílem logistiky je dosažení výkonového cíle s minimálními náklady.⁵

Existuje-li soubor rozhodnutí pro alternativní situace v logistickém systému konkrétní organizace, vedoucí k dosažení konkrétních logistických cílů, hovoříme o **logistické strategii** či **logistické taktice**.⁶

2.3 Logistické přístupy a technologie

V této kapitole se zaměříme na teoretické poznatky o logistických přístupech a technologiích, jejichž znalost je předpokladem pro vyhodnocení vhodnosti aplikace těchto přístupů a technologií na zkoumaný subjekt. Seznámíme se s pojmy **Lean production**, **Total Flow Management**, **Teorie omezení**, **OEE**, **TPM**, **Muda**, **Automatizace**.

2.3.1 Principy štihlé výroby

Lean production neboli štihlá výroba a její filozofie je základem všech dále uvedených metodologií a přístupů, které lze chápat jako metody či prostředky k vytvoření štihlého podniku. Tento přístup byl vyvinut v japonské společnosti Toyota během 70. let minulého století. Jeho zakladatelem a tvůrcem byl Taichi Ohno. Základní myšlenkou systému TPS (Toyota Production System), jak je označován systém štihlé výroby ve společnosti Toyota, je zákazníkovi dodávat produkty s vysokou přidanou hodnotou, v co nejkratším čase a za přijatelnou cenu. Základními principy štihlé výroby je optimalizace průtoku (materiálu, rozpracované výroby, hotových výrobků) celou společností a eliminace plýtvání. Identifikaci

⁵ SIXTA, J; ŽIŽKA, M. *Logistika: metody používané pro řešení logistických projektů*.

⁶ PERNICA, P. *Arts of logistics*.

a redukci ztrát (Muda) se stejně jako dalším nástrojům a technikám štihlé výroby budeme věnovat v samostatných kapitolách.⁷

2.3.2 Total Flow Management

Absolutní řízení toku neboli *TFM* je nepostradatelným krokem v rámci aktivit podniku usilujícím o pozici štihlé a flexibilní firmy. Primární pointou tohoto přístupu vycházející z japonské filozofie **Kaizen** je vytvořit a udržet materiálový a informační tok. Každý výskyt stavu klidu (prostoje stroje, nevyužitý pracovník, nadbytečné zásoby materiálu či rozpracované výroby) je totiž nutno vnímat jako formu plýtvání (označováno jako *Muda*) a tedy jako prostor k zefektivnění daného procesu. Aplikaci principu TFM můžeme dělit dle tří oblastí: výrobní tok, interní logistický tok a externí logistický tok. Pro potřeby této práce se budeme zabývat pouze implementací v oblasti **výrobního toku**, ale nesmíme v žádném případě opomenout celistvost tohoto přístupu. Rovněž je důležité zmínit nutnost předpokladu výchozí stability, tedy vytvoření takových podmínek, které jsou nutné k dalšímu rozvoji. Máme na mysli především, spolehlivost výrobních prostředků, znalé pracovníky, standardizované postupy a především angažovanost všech zaměstnanců podniku.⁸

Hlavním úkolem oblasti řízení výrobního toku je optimalizace výrobního procesu a jeho okolí. Při tomto řízení, vedoucím k zefektivnění výroby, lze přistoupit jak k řadě technických zlepšení, tak změn v organizaci výrobního procesu. Může se jednat například o **změnu uspořádání a návrhu výrobní linky**, při které je vhodné zapojit pracovníky daného výrobního úseku. Zapojením těchto zaměstnanců s sebou přináší jednak představu o praktické aplikovatelnosti konkrétní změny a také zvýšení předpokladu akceptace dané změny. Další příležitosti zlepšení s sebou přináší vytýčení **hranic výrobní linky a standardizace práce**. Hranicemi linky není myšleno pouze fyzické rozčlenění výrobního procesu, ale především rozdělení kompetencí a zodpovědností mezi jednotlivými oblastmi výrobního procesu. S tímto se úzce prolíná standardizace práce, jakožto základní předpoklad efektivní výroby, jejímž obsahem musí být také vytýčení kompetencí a zodpovědností. Přístup **SMED** neboli Single Minute Exchange of Dies je dalším způsobem optimalizace výrobního toku, jehož cílem je změna výrobního sortimentu (změna nastavení strojního zařízení) v nejkratším

⁷ LIKER, J. K. *Tak to dělá Toyota: 14 zásad řízení největšího světového výrobce.*

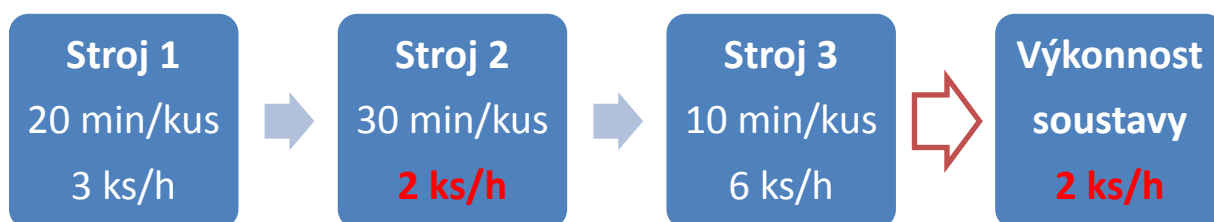
⁸ BAUER, M. *Kaizen: Cesta ke štihlé a flexibilní firmě.*

možném čase. Posledním a velice užitečným způsobem zefektivnění procesu výroby, který si v rámci TFM uvedeme, je **nízkonákladová automatizace**. Jedná se o využití primárních fyzikálních principů k sestrojení jednoduchých strojů automatické výroby. Může se jednat například o gravitaci využívající dopravníky či pákové mechanismy. Myšlenky k sestrojení těchto mechanismů často vycházejí z činnosti samotných zaměstnanců, a proto je vhodné vést zaměstnance k tomuto typu tvůrčí činnosti (např. uplatněním motivačních impulzů).⁹

2.3.3 Teorie omezení

Teorie omezení neboli TOC (z anglického Theory of constraints), bývá vzhledem ke svému základnímu hledisku úzkého místa rovněž označována jako **teorie úzkých míst**. Jedná se o teorii vypracovanou fyzikem Dr. Goldrattem, která byla poprvé popsána v knize The Goal (1984). Tento teoretický přístup k řízení výrobního procesu vychází z předpokladu, že žádný systém není v neměnném se prostředí tak vyvážený, aby se v něm nevyskytovalo úzké místo. Tímto úzkým místem se rozumí nejslabší prvek (článek, pracoviště, stroj) v daném systému. V podstatě se tímto prvkem stává pracoviště s nejnižší disponibilní kapacitou vzhledem ke kapacitě požadované. Pokud se v systému výroby vyskytuje více paralelních procesů, může dojít k výskytu více než jednoho úzkého místa. Je nutné zajistit plné využití úzkého místa, jelikož výkonnost systému s na sobě závislými prvky je dána výkonností nejslabšího prvku. Názorně je tento princip zobrazen v *obrázku 2.2*.¹⁰

Obrázek 2. 2: Závislost výkonnosti soustavy strojů na výkonnosti úzkého místa
Zdroj: vlastní zpracování



⁹ BAUER, M. *Kaizen: Cesta ke štíhlé a flexibilní firmě*.

¹⁰ Macurová, P. *Logistika II*

Identifikovat úzké místo konkrétního výrobního systému můžeme různými způsoby v závislosti na složitosti daného systému. Úzké místo můžeme nalézt pozorováním výrobního procesu, kapacitním propočtem, časovou analýzou případně simulací toku. Po nalezení konkrétního úzkého místa je nutné analyzovat významnost jeho existence a příčiny jeho vzniku. Opatřením vztahujícím se k zefektivnění využití úzkého místa může být například optimalizace výrobního programu, vytvoření zásobníků před úzkým místem, racionalizace a redukce seřizovacích procesů (například metodou SMED), či zvýšení jakosti výstupu úzkého místa. Je nutné si uvědomit nutnost podřízení všech ostatních činností a rozhodnutí právě těmto opatřením. Analýza úzkých míst, příčin jejich vzniku a hledání cest vedoucích k jejich maximálnímu využití je cyklickým jevem, a proto je nutné jej neustále opakovat a snažit se tak o neustále zefektivnění celého výrobního systému.¹¹

S teorií omezení stejně jako s přístupem TFM souvisí takzvaný *princip tahu* (pull). V primární podstatě se jedná o orientaci na zákazníka a uspokojování jeho potřeb. Cílem je zajištění spokojenosti zákazníka při nízkých nákladech, při vysoké kvalitě a při flexibilní a rychlé reakci na jeho potřeby. Z hlediska TOC je princip tahu vnímán jako nutnost maximálního využití úzkého místa vzhledem k uspokojení potřeb zákazníků.

2.3.4 Celková efektivita zařízení

Celková efektivita zařízení neboli *Overall equipment efficiency* (dále jen OEE) je ukazatel používaný ve výrobních systémech s potřebou sledovat využití konkrétního stroje či zařízení. Zejména se pak jedná o stroje reprezentující úzké místo celého výrobního toku a sledování ukazatele OEE na těchto zařízeních je důležitým podkladem pro proces synchronizace výrobního taktu linky či konkrétního úseku výroby. V dnešní době rozvinutého využívání informačních technologií existuje celá řada softwarových „pomocníků“ pro sledování ukazatele OEE a jejich aplikace je zejména u výrobních procesů velkých podniků, které jsou provázány s IT technologiemi, jak z hlediska řízení výroby, tak z hlediska sledování výstupu výroby, velice racionální.¹²

¹¹ Macurová, P. *Logistika II*

¹² ACADEMY OF PRODUCTIVITY AND INOVATION. *OEE – Overall equipment effectiveness*. [online]. <http://e-api.cz/page/68415.ukazatel-oeec/>

Faktory, ovlivňující celkovou efektivitu každého stroje jsou:¹³

- ***míra využití*** (dostupnost),
- ***míra výkonu*** (výkonnost),
- ***míra kvality***.

Míra využití stroje neboli ***dostupnost*** procentuálně vyjadřuje skutečnou dobu chodu daného stroje potřebnou pro plánovanou výrobu. Celkový plánovaný pracovní čas je zde v porovnání s očekávaným výkonem (či výstupem) navýšen o prostoje dvojího druhu. Jedná se o ***prostoje plánované*** a ***prostoje neplánované***. Plánovanými prostoji chápeme v závislosti na konkrétním výrobním procesu například plánované opravy, plánovaná údržba či přestávky, čas potřebný k seřízení stroje (pokud je toto seřízení dlouhodobě plánováno). Mezi prostoje (neplánované prostoje) mohou být zařazeny časové ztráty z nedostatku materiálu, nedostatku pracovníků, z důvodu neplánovaných oprav a mnoho dalších. Parametr míry využití je po zohlednění těchto prostojů vyjádřen vztahem:

$$\text{Využití} = (\text{CPPČ} - \text{Plán. prostoje} - \text{Prostoje}) / (\text{CPPČ} - \text{Plán. prostoje})$$

Míra výkonu stroje (rychlost stroje) je parametr zohledňující rozdíl mezi skutečnou rychlostí produkce výrobku daného stroje a rychlostí produkce plánované. Při kalkulaci tohoto parametru využíváme hodnotu takzvaného optimálního času produkce. Jedná se o reálný čas, za který je možno jeden kus konkrétního produktu vyrobit. Míra výkonu stroje je vyjádřena vztahem:

$$\text{Výkon} = (\text{Skutečný počet vyr. kusů} \times \text{Optimální čas výroby 1ks}) / (\text{CPPČ} - \text{Plán. prostoje})$$

Posledním parametrem potřebným k určení ukazatele OEE je ***míra kvality***, která zohledňuje stupeň kvality dané produkce, jakožto aspekt zohledňující efektivní využívání strojního zařízení ve výrobním procesu. Jakost v tomto ohledu hraje velice důležitou roli,

¹³ VALUE INOVATION. OEE. [online]. http://www.vinn.cz/tema_OEE.html

jelikož z hlediska času je každý neshodný výrobek (včetně opravitelného výrobku) ztrátou disponibilního času stroje. Parametr kvality je vyjádřen vztahem:

$$Kvalita = (Skuteč. poč. vyr. kusů - zmetky) / (Skuteč. počet vyr. kusů vč. zmetků)$$

Ukazatel OEE je po zohlednění všech výše zmíněných parametrů vyjádřen vztahem:

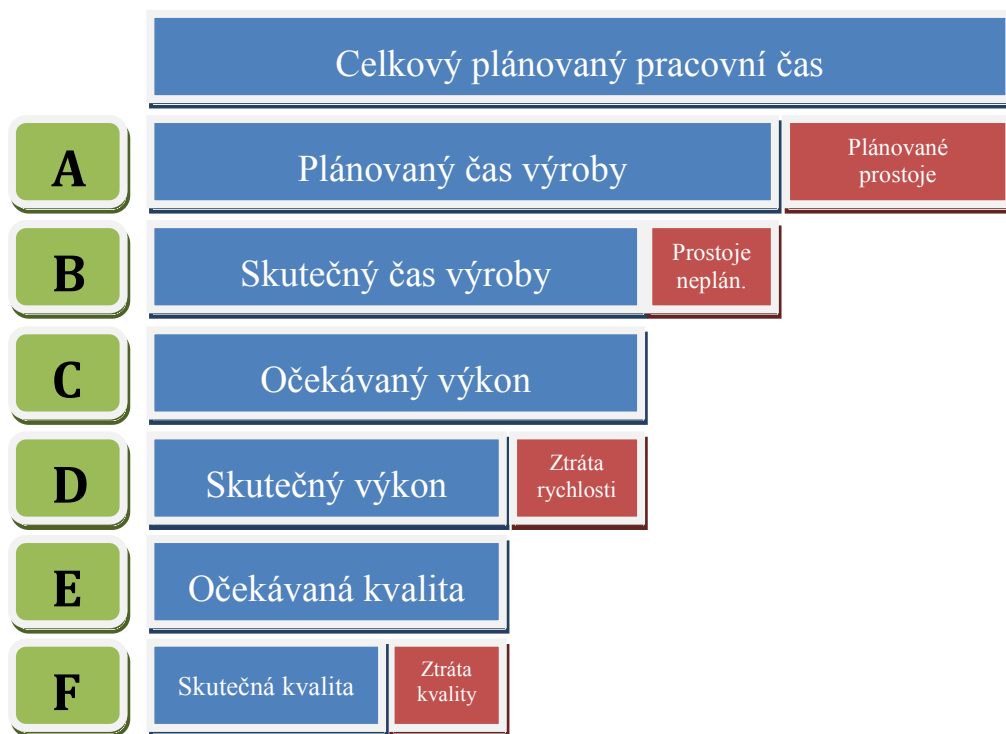
$$OEE = využití \times výkon \times kvalita \times 100 [\%]$$

Velice zřetelně je význam a cesta k vyjádření ukazatele celkové efektivity zařízení zobrazen v *obrázku 2.3*, pro který platí vztah:

$$OEE = B/A \times D/C \times F/E \times 100 (\%)$$

Obrázek 2. 3: Grafické znázornění principu ukazatele OEE

Zdroj: VALUE INOVATION. OEE. [online]. http://www.vinn.cz/tema_OEE.html



Metodika výpočtu ukazatele celkové efektivity zařízení není zcela sjednocena a tento postup je nutno chápat jako jeden z možných a rovněž jako nastínění principu tohoto ukazatele. Způsob výpočtu ukazatele OEE se bude lišit rovněž v ohledu na formu vstupních

dat pro tento výpočet, neboli způsob sledování dílčích faktorů a formu jejich evidence v konkrétním podniku. Na konkrétní metodiku výpočtu si musíme dát pozor především při mezipodnikovém srovnávání a v tomto případě musí být uplatněna stejná metodika. Vyhneme se tak zkresleným výsledkům výpočtu.

Pro představu si zde uvedme „cílovou hodnotu“ ukazatele OEE pro podniky světové třídy dle Vorne Industries, Inc., včetně hodnot dílčích faktorů tohoto ukazatele (*tabulka 2.1*).

Tabulka 2. 1: Hodnoty faktorů OEE v podnicích světové třídy

Zdroj: VORNE INDUSTRIES, INC. *World Class OEE*. Dostupné z: <http://www.oee.com/world-class-oee.html>

Faktor	Hodnota v podniku světové třídy
Využití	90,0%
Výkon	95,0%
Kvalita	99,0%
Celkové OEE	85,0%

Samozřejmě je nutné brát tyto hodnoty pouze jako orientační a v různých podnicích budou cílové hodnoty ukazatele OEE a jeho faktorů vnímány různě. Tyto hodnoty se totiž odvíjejí například od náročnosti a specifík technologických požadavků výroby, stejně jako normativní kvality vycházející s náročnosti požadavků zákazníků.

2.3.5 Total Productive Maintenance

Absolutně produktivní údržba neboli TPM (z anglického Total Productive Maintenance) je metoda nebo spíše filozofie vztahující se k péči o stroje a zařízení. V dnešní době, kdy nejen ve výrobě dochází k masivnímu nástupu technologií nahrazující lidskou sílu a současně dochází ke zvyšování důležitosti požadavků na včasné dodání výrobku, nabírají na svém významu rovněž nároky na údržbu a péči o výrobní zařízení. Stroje, které představují zvýšení kvality, produktivity práce a mnohdy rovněž úsporu nákladů, však s sebou nesou riziko nečekaných poruch, odstávek, opotřebením, nespolehlivosti a špatné údržby, které mohou vést ke zpoždění dodávek. Obsahem TPM je souhrn nejlepších aktivit pro zvýšení spolehlivosti strojů. Cílem TPM je maximalizace efektivity všech strojních zařízení.

Důležitým předpokladem zavedení a fungování opatření pro zvýšení efektivity strojů je aktivní účast zaměstnanců operujících na těchto strojích. Zavádění TPM musíme brát jako pevnou součást implementace štíhlých výrobních systémů, jelikož bez spolehlivých technologií bychom jen stěží dosahovali požadované kvality a včasného dodání. Proto lze TPM chápat jako jednu ze základních dovedností, která by měla být součástí každé moderní výroby.¹⁴

V rámci aplikace přístupu TPM dochází k hledání forem plýtvání (Muda). Zde si můžeme všimnout návaznosti k filozofii Kaizen, která tvoří jeden z hlavních pilířů Absolutně produktivní údržby. Bauer (2012) označuje za hlavní pilíře TPM:

- *Kaizen,*
- *autonomní údržbu strojů,*
- *plánovaná údržba strojů,*
- *školení a trénink,*
- *plánování nových strojů,*
- *kvalitu údržby strojů,*
- *bezpečnost a životní prostředí.*

Za **Kaizen** je označována filozofie opírající se o potřebu neustále (průběžně) se zlepšovat a zdokonalovat. Tento přístup se týká všech zaměstnanců podniku od top manažerů až po zaměstnance tvořící nejnižší článek výrobního procesu. Cílem Kaizen je dosažení lepších výsledků za použití současných zdrojů a tak získat konkurenční výhodu. Při aplikaci tohoto přístupu je výrobní proces podniku sledován z hlediska činností přidávajících hodnotu (Gemba) a činností nepřidávajících hodnotu (Muda). Těmto pojmům se budeme podrobněji věnovat v další kapitole.

Autonomní údržbou strojů je v podstatě péče o strojní zařízení prováděná samotnými zaměstnanci podniku obsluhující konkrétní stroje. Proces zapojení obsluhy do údržby začíná pod dohledem a za aktivní účasti technologů, mistrů či pracovníků údržby. První fází je jednoduchá forma údržby (čištění, mazání), která je zakončena standardizací těchto činností. Následujícími stupni autonomní údržby je trénink zaměstnance v údržbě vedoucí k samostatnosti v údržbě obsluhujícími pracovníky. Postupy těchto pokročilých

¹⁴ BAUER, M. Kaizen: Cesta ke štíhlé a flexibilní firmě

(komplikovanějších) činností údržby musí rovněž vycházet ze standardizovaných postupů, jejichž dodržováním jsou eliminovány chyby při údržbě.

Dalším pilířem TPM je **plánovaná údržba strojů**. Plánováním konkrétních činností údržby se snažíme o redukci (v nejlepším případě eliminaci) konkrétních havárií a poruch, jejichž výskyt snižuje produktivitu daných strojů. Plánování vychází z výskytů havarijních stavů v minulosti a pomocí predikce jejich budoucích výskytů jsou sestavovány plány preventivních opatření údržby. Nesmíme však rovněž opomenout podstatu snižování časů údržby, která rovněž přispívá k zvyšování produktivity strojního zařízení.

Životnost žádného stroje není nekonečná a **plánováním nových strojů** se snažíme zajistit efektivní způsob nákupu a zavádění nových strojů do výroby. Nejprve si však musíme položit otázku, zdali je nového stroje opravdu potřeba. V případě potřeby se pak musíme zabývat výběrem správného stroje a způsobem jeho co nejrychlejšího zprovoznění.

Rychlost údržby a náklady na tuto údržbu nesmí v žádném případě ohrozit **kvalitu** výroby. Evidenci a kontrolu všech dat nutných k zajištění odpovídající kvality můžeme například provádět pomocí tzv. matice kvality.

Při cestě k zefektivnění a zvyšování produktivity výroby musíme rovněž dbát na **ochranu zdraví a bezpečnosti při práci**. Jedná se o mapování míst výroby, která nesou potenciál nebezpečí vzhledem k zdraví pracovníků. V době pokročilého významu ekologie a **ochrany životního prostředí** je nezbytné aplikovat stejný princip také na tyto oblasti.

2.3.6 Muda

S pojmem Muda jsme se již setkali v předchozích kapitolách. V této části práce se s tímto pojmem seznámíme podrobněji. Jako Muda jsou označovány takové procesy, činnosti a všechny ostatní skutečnosti, které nepřidávají konečnému produktu hodnotu. V češtině neexistuje přímý ekvivalent k tomuto slovu, jelikož pojmy jako ztráta či plýtvání nezahrnou celou šíři a význam tohoto slova. Proto budeme nadále užívat původní označení. Význam zkoumání výrobních procesů (nejen však u výrobních procesů) z hlediska nalézání Muda spočívá v potenciálu dodatečného zisku. Podaří-li se nám totiž eliminovat výskyt určité formy

Muda ve výrobním procesu, vždy dojde ke snížení nákladů výroby (zrychlením výroby, snížením počtu pracovníků aj.) a tím k zvýšení zisku.¹⁵

Musíme si však uvědomit, že úplné eliminace Muda nikdy nelze v reálných podmínkách dosáhnout. Činnosti, které výrobku přidávají hodnotu (v rámci filozofie Kaizen označované jako Gemba) totiž na sebe „nabalují“ činnosti, které stejnému výrobku hodnotu nepřidávají.

Macurová (2010) jde v rozdělení činností vzhledem k přidané hodnotě ještě dál a dělí tyto činnosti na Muda 1 a Muda 2. Za Muda 1 jsou považovány takové činnosti, které nepřidávají užitek (hodnotu), ale jsou technologicky nutné k uskutečnění činností Gemba. Pro příklad je možno uvést seřízení stroje, pohyb materiálu na lince nebo čas nutného vychladnutí výrobku před následující operací. Jako Muda 2 jsou pak považovány činnosti zcela zbytečné, které nepřidávají hodnotu a nejsou technologicky nutné. Příkladem mohou být opravy zmetků, zbytečné pohyby materiálu a pracovníků, čekání rozpracované výroby, skladování (vyjma skladování z technologických důvodů).¹⁶

Počet míst, která lze označit ve výrobních procesech jako Muda, je nespočet. Tato místa spotřebovávají obrovské množství času, které by za ideálních podmínek mohlo být využito činnostmi přidávajícími hodnotu. Mapováním toku činností přidávajících či nepřidávajících hodnotu ve výrobě zjistíme, že procentuální vyjádření Gemba se pohybuje v rozsahu setin až jednotek procent. Tento poměr se jeví jako astronomický, ale musíme dodat, že také u firem světové extra třídy tvoří činnosti přidávající hodnotu pouze do 10% celkového času. Je nemožné konkretizovat všechny druhy Muda, ale můžeme vycházet ze 7 základních druhů (7 Muda), které se vyskytují v rámci výrobního procesu nejčastěji. Dle Bauera (2012) jimi jsou:

1. *Čekání* (na materiál, objednávku, zadání, rozhodnutí)
2. *Zásoby* (fixují peníze, obsazují plochu, ztěžují manipulaci)
3. *Transport* (spotřeba času, přepravní technika, riziko poškození)
4. *Zmetky* (náklady na opravy, čas opravy, zdržení výrobního toku)
5. *Chyby výroby* (dodatečné skladování a pohyb, čas výroby)
6. *Nadvýroba* (skladování, fixuje peníze, spotřebovává čas)
7. *Zbytečné pohyby* (spotřeba času, únava, úrazy)

¹⁵ BAUER, M. Kaizen: Cesta ke štíhlé a flexibilní firmě

¹⁶ MACUROVÁ, P. *Logistika II*

Muda je nutno chápat jako součást 3M. Je totiž pouze jedním ze tří přístupů tvořící celistvý systém Muda – Muri - Mura. Za **Muri** je označováno nadměrné přetěžování lidí nebo zařízení. Výsledkem přetěžování pracovníků může být snížená bezpečnost při práci a jakost. U zařízení dochází vlivem jejich dlouhodobého přetěžování ke zvýšenému výskytu poruch a zmetkovitosti. **Mura** znamená nevyrovnanost. Jedná se o situace, kdy je z hlediska množství požadavků zákazníka výrobní systém nedostačující a naopak o situace, kdy je požadavků málo a výrobní systém je nevyužitý. Zdrojem těchto problémů jsou nepravidelnosti v harmonogramu výroby nebo jsou způsobeny vnitřními problémy typu prostojů, nedostatečné zásoby či zmetkovitosti. U nevyrovnanosti úrovně výroby jsou tak nutné vyšší dispozice zařízení, materiálu a pracovníků k zabezpečení vysokého výstupu výroby, i v případě dlouhodobě nižších průměrných požadavků na výstup výroby.

Hledání Muda se do značné míry týká strojního zařízení. Tyto druhy ztrát, vznikající na strojích, je nutné systematicky řešit. Analýza situace v podniku začíná pečlivým sledováním a zaznamenáváním všech druhů prostojů, které jsou pak vyhodnocovány v určitém časovém intervalu. Většinou se jedná o 8 hlavních ztrát. Ztráty vztahující se přímo ke strojnímu zařízení můžeme rozdělit do skupin zobrazených v *obrázku 2.4*.

Obrázek 2. 4: Druhy ztrát na strojích

Zdroj: vlastní zpracování, inspirace: BAUER, M. *Kaizen: Cesta ke štíhlé a flexibilní firmě* s.60



2.3.7 Automatizace

Beneš (2012) definuje automatizaci jako:

„Souhrn činností spočívající v návrhu a realizaci opatření, která umožní samočinně vykonávat takové duševní činnosti člověka, které jsou spojeny se spouštěním strojů, s výpočty při řízení provozních parametrů strojů, s optimalizací chodu strojů a s jejich zastavováním. Stroj jako mechanické zařízení vyrobené člověkem nahrazuje, usnadňuje, zrychluje a zpřesňuje lidskou práci.“

Automatizace je třetím a zároveň nejvyšším stupněm zdokonalování výrobních procesů. Prvním stupněm je tzv. instrumentace, neboli využívání ručních nástrojů v pracovním procesu. Druhým stupněm, který bývá často mylně označován za automatizaci, je mechanizace. Jedná se o nahrazování fyzické lidské práce činností strojů. U automatizace je tedy navíc nahrazována i duševní povaha lidské práce.¹⁷

Automatizace může být prostředkem ke zvýšení efektivnosti jakéhokoliv pracoviště. Základním účelem automatizace je nahrazení nejprve jednoduchých, a postupem vývoje také složitějších operací, které doposud prováděli manuálně přímo operátoři ve výrobě. Tito pracovníci jsou ve výrobě nositeli tzv. lidského faktoru. Ten je samozřejmě v určité míře nezbytný k hladkému průběhu výrobního toku a činností s ním spojených. Na druhou stranu však sebou zvýšený výskyt pracovníků ve výrobě a vysoká míra závislosti daného výrobního procesu na lidském faktoru přináší určitá rizika a dodatečné náklady. Jedná se například o potenciální výskyt chyb lidského faktoru, rizika fluktuace zaměstnanců, náklady spojené se zaměstnáváním fyzických osob. Pomocí automatizace můžeme zvýšit přesnost a rychlost operace a také umožnit manipulovat s těžkými výrobky nebo břemeny na dané operaci, což není v dnešní době problémem pouze z hlediska fyzických dispozic zaměstnanců, ale hlavně z hlediska legislativních předpisů regulujících tyto činnosti. Rovněž zde musíme zmínit aspekt bezpečnosti a ochrany zdraví při práci. Automatizace je způsobem či krokem, kterým může podnik chránit zdraví svých zaměstnanců a nevystavovat je rizikovým pracovním činností. Realizaci automatizace z takovýchto důvodů označujeme jako *vynucenou automatizaci*.

¹⁷ BENEŠ, P. *Automatizace a automatizační technika 1, Systémové pojetí automatizace*.

Pomineme-li vynucenou automatizaci, jsou nejčastějšími důvody automatizace ekonomické aspekty. Hlavními ekonomickými důvody automatizace jsou:¹⁸

- *Snížení výrobních nákladů* (přímé mzdové náklady, úspory materiálu)
- *Snížení režijních nákladů* (výrobní plocha, spotřeba energií, opotřebení)
- *Zvýšení produktivity práce* (objemu výroby)
- *Zkrácení doby vývoje a výroby* (jako konkurenční výhoda)
- *Pružná reakce na požadavek zákazníka*
- *Konkurenční výhoda* (například. EDI)
- *Zvýšení jakosti* (odrážející se ve vyšší ceně výrobku)

V automobilovém průmyslu, kterému se budeme věnovat v praktické části práce je automatizace velice rozšířena. Společně s potravinářským průmyslem je jednou s nejrozšířenějších oblastí užití automatizační techniky ve výrobě. V těchto oborech je jedním z hlavních způsobů užití automatizace nahrazování pracovišť závislých na rukách zde operujících pracovníků robotizovanými pracovišti.

Roboti byli poprvé užití v průmyslové výrobě u činností, které jsou limitovány fyzickými dispozicemi lidských pracovníků (manipulace s těžkými předměty, úkony s chemicky nebezpečným materiálem). K první průmyslové aplikaci těchto „pomocníků“ v Evropě docházelo během druhé poloviny 80. let 20. století a k masivnějšímu rozmachu dochází během let devadesátých. Hlavními důvody takového rozmachu jsou kromě již výše zmíněných důvodů všeobecné automatizace jednak vznik sériové výroby robotů, která postupně snižuje náklady na jejich produkci, a tím dělá roboty dostupnějšími, a dále pak zejména rozšiřující se spektrum oborů, činností a procesů, ve kterých jsou robotická zařízení užívána.¹⁹

¹⁸ BENEŠ, P. Automatizace a automatizační technika 1, Systémové pojetí automatizace.

¹⁹ ROBOTI.CZ. *Vše o průmyslových robotech*. [online]. <http://www.roboti.cz/historie-vyvoj>

3 Charakteristika vybrané společnosti

Pro aplikaci praktické části této práce jsem si vybral společnost, jejímž předmětem činnosti je výroba kol z lehkých slitin pro automobilový průmysl. V tomto ohledu se jedná o tzv. OEM výrobky. V automobilovém průmyslu jsou OEM výrobky velice běžným řešením výrobců finálních produktů (v tomto případě osobních automobilů) v situacích, kdy je outsourcing výroby určitých komponentů (v tomto případě litých hliníkových kol) výhodnější než jeho vlastní výroba. Výrobce finálního produktu pak tyto komponenty prodává pod svou vlastní obchodní značkou a využívá toho, že díky specializaci dodavatele na výrobu tohoto komponentu jsou tyto výrobky produkovány s vyšší kvalitou a podstatně nižšími náklady. Je nutné zmínit, že tak OEM výrobce mnohdy využívá (respektive zneužívá) síly své obchodní značky a „nálepky“ originálního produktu, a prodává OEM komponenty konečnému spotřebiteli za několikanásobně vyšší ceny.

Z důvodu ochrany identity řešeného subjektu nemůže být v této práci uvedeno reálné obchodní jméno společnosti. Z tohoto důvodu si pro potřeby této práce označme tento fiktivní podnik obchodním jménem XYZ s.r.o.. Rovněž došlo vzhledem k citlivosti dat použitých v této práci, která podléhají ochraně interních informací, k úpravě těchto dat. Hodnoty údajů použitých v této práci byly zkresleny multiplikací koeficientem. Byl tak zachován výstup a princip všech výpočtů, bez nutnosti zveřejnění důvěrných dat.

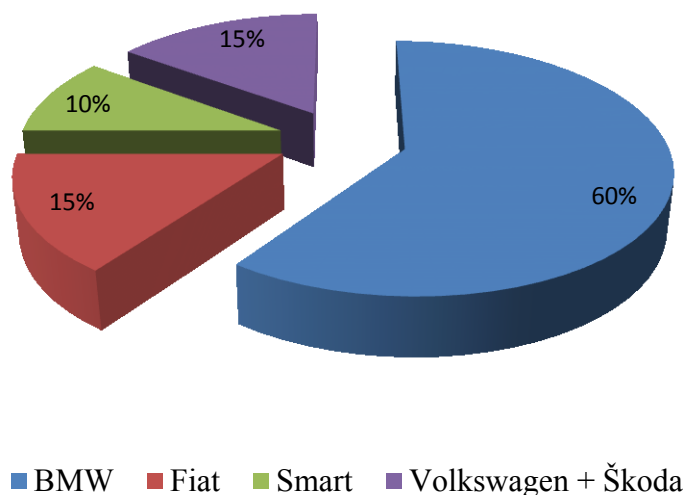
XYZ s.r.o. je dceřinou společností italské firmy podnikající ve stejném oboru. Historie mateřské společnosti sahá až do roku 1928, ve kterém byla založena. Významným milníkem ve vývoji této společnosti a v podstatě celého odvětví výroby litých kol byl rok 1966, kdy jako první na světě bylo v italském závodě vyrobeno hořčíkové kolo technologií nízkotlakého lití. Tento technologický pokrok ve výrobě kol pro automobilový průmysl přinesl své uplatnění v roce 1969, kdy společnost začala s výrobou hliníkových kol. Společnost má v současné době dva výrobní závody. První na území Itálie zaměstnávající 325 osob a druhý v České republice, který má 235 zaměstnanců. V závodě společnosti XYZ s.r.o. byla zahájena výroba v dubnu roku 2008, čemuž předcházela výstavba nové moderní výrobní haly (započata v roce 2007), jejíž součástí je slévárna, lakovna, obrobna, skladovací prostory, ale také

administrativní zázemí celkem zabírající plochu o rozloze 21 000m². Jednotlivá oddělení výroby budou blíže charakterizována při popisu výrobního procesu.²⁰

V dalším textu se budeme zabývat již jen dceřinou společností XYZ s.r.o. a pro aplikaci analytického aspektu této práce bude použit právě její závod. Jak již bylo uvedeno, celkový počet zaměstnanců společnosti v současné době představuje 235 zaměstnanců. Vedení společnosti, vedení jednotlivých oddělení a další administrativní pozice (označovány jako tzv. „white collars“) tvoří 25 zaměstnanců. Zbylých 210 zaměstnanců jsou pracovníci výrobních a expedičních procesů (tzv. „blue collars“). Společnost XYZ s.r.o. je držitelem certifikátů: ISO 14001 a ISO TS 16949.

Odběratele tvoří evropské automobilky, které jsou adresnými zákazníky již od prvního procesu výroby. Rozložení zákaznického portfolia dle objemu odběru (výroby) je zobrazeno v *grafu 3.1*.

Graf 3. 1:Zákaznické portfolio XYZ s.r.o. dle objemu výroby
Zdroj: vlastní zpracování



3.1 Logistické cíle a politika společnosti

Cíle společnosti XYZ s.r.o z hlediska logistiky můžeme rozdělit na vnější logistický cíl a vnitřní logistický cíl. Vnější logistický cíl, neboli cíl orientovaný na zákazníka je

²⁰ Prezentační materiály společnosti XYZ s.r.o. 2012

kvantifikován v měřítku ppm vyhovujících výrobků. Jedná se o vyjádření podílu zákazníkem vrácených výrobků na jeden milion dodaných výrobků (z důvodů kvalitativních nedostatků). V minulém roce byla tato hodnota 260 ppm, což odpovídá 260 nevyhovujících výrobků z milionu dodaných. Vnitřní logistický cíl je dán procentuálním vyjádřením včasné dodaných výrobků. Stanoveným cílem společnosti XYZ s.r.o. je 100% včasnost dodaných výrobků. V současné době se společnosti daří dosahovat tohoto cíle, což vzhledem k systému predikce poptávky a značně náročnému plánování výroby považují za obrovský úspěch.

Musíme zde zmínit rovněž specifika požadavků zákazníků v tomto oboru. Odběrateli výrobků společnosti jsou pouze výrobci automobilů (společnost nemůže nabízet své produkty konečným spotřebitelům). Trendem v odvětví automobilového průmyslu z hlediska požadavků na produkty je vysoká kvalita těchto produktů, která je v dnešní době brána jako nevýlučné kritérium, dále pak nízká cena a rovněž flexibilita dodavatele neboli schopnost pružně reagovat na změnu v požadavcích odběratelů. Zvyšování flexibility společnosti je tedy rovněž jedním z jejích cílů, což je ovšem vzhledem k náročnosti výrobního procesu a častým změnám v odvolávkách odběratelů velice těžký úkol.

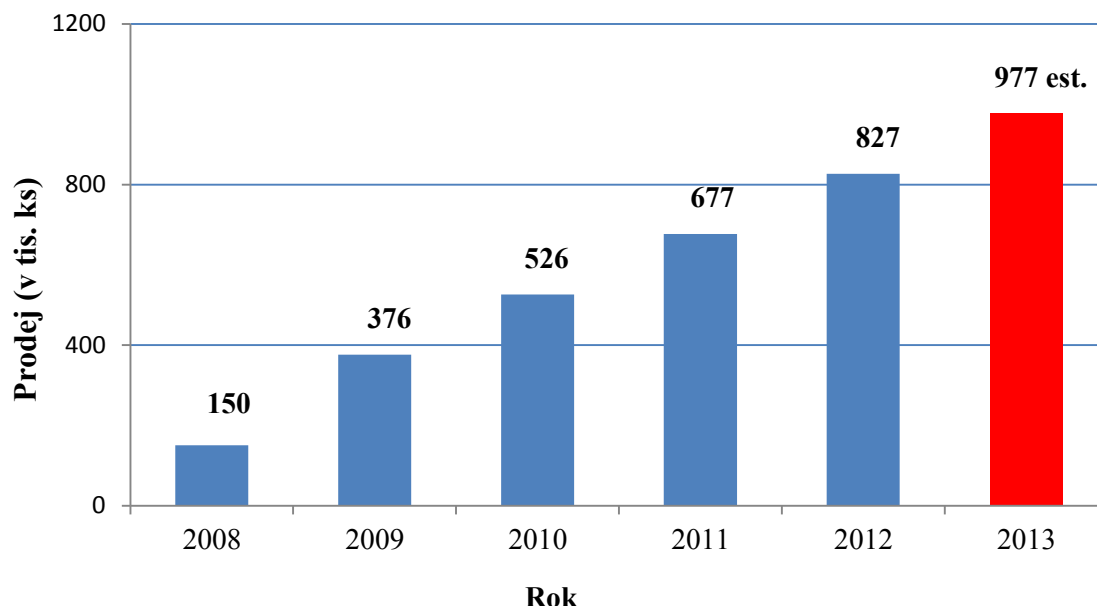
Z hlediska logistiky ve výrobě je dlouhodobým cílem společnosti zefektivňování současného výrobního systému a snižování závislosti na lidském kapitálu formou automatizace výrobního zařízení. Automatizací společnost snižuje rizikovost vzniku chyb v důsledku selhání lidského faktoru, dále snižuje negativní důsledky fluktuace zaměstnanců a zároveň dochází ke snižování nákladů na tyto pracovníky.

Je nutno zmínit rovněž politiku společnosti v ohledu investic do projektů zefektivňování současného výrobního systému. Vlastníci společnosti v tomto ohledu přijímají pouze projekty s návratností do 2 let, přičemž stále dochází k tendenci snižování, dle mého názoru, i tak nízké doby návratnosti. Tento přístup se samozřejmě netýká strategických investic s účelem zvyšování kapacity podniku rozšiřováním výroby (či jiných strategických cílů). Tyto investice jsou velice nákladné a doba návratnosti je podstatně vyšší. U většiny strategických investic je požadována návratnost do 4 let. Kontinuální dlouhodobý nárůst kapacity je součástí strategie společnosti. XYZ s.r.o. se tak na rozdíl od své mateřské společnosti snaží o zvyšování objemů výroby menších velikostí kol, u kterých je vzhledem k požadavkům trhu vyšší odbyt. Plnění tohoto strategického postupu je patrné z *grafu 3.2*,

který zobrazuje kontinuální nárůst meziročních prodejů, včetně plánovaného objemu prodeje v roce 2013, který vychází jak z plánovaných kapacitních možností závodu v tomto roce, tak predikce poptávky.

Graf 3. 2: Prodeje společnosti XYZ s.r.o.

Zdroj: vlastní zpracování



3.2 Vývoj ekonomické situace podniku

Pro účely této práce nemá význam zpracovávat komplexní analýzu ekonomické a finanční situace zkoumaného podniku. Pro představu o dlouhodobém vývoji ekonomické situace v návaznosti na strategický rozvoj výrobního systému je však vhodné uvést alespoň některé kvantifikované ukazatele odrážející rozvoj podniku. Přehled vývoje vybraných ukazatelů od roku 2008 po rok 2011 je zobrazen v *tabulce 3.1*. V době zpracovávání této diplomové práce ještě nedošlo k uveřejnění výroční zprávy společnosti za rok 2012.

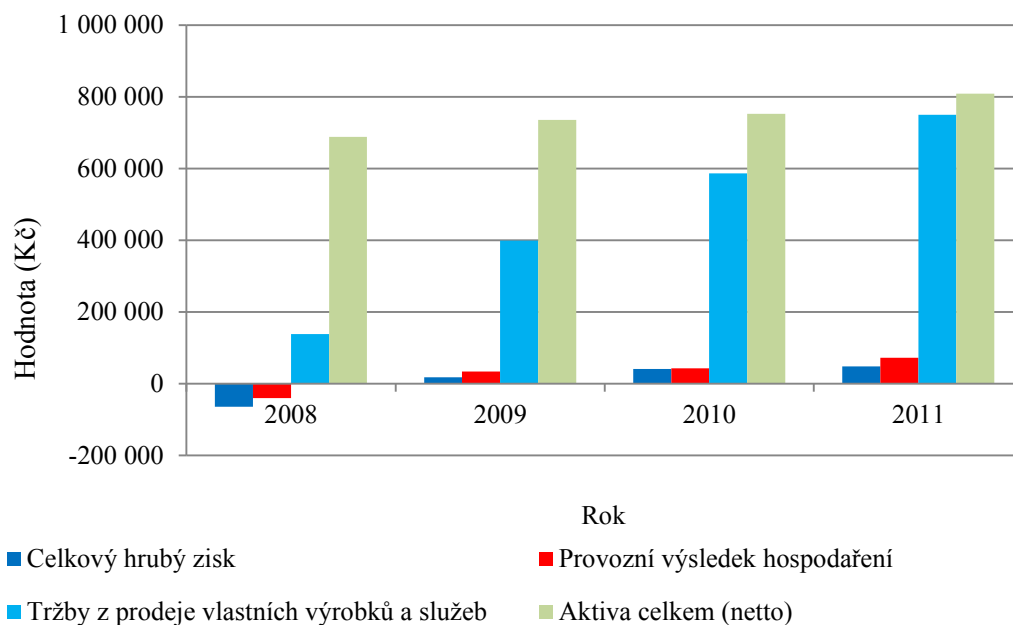
Tabulka 3. 1: Přehled vybraných ekonomických ukazatelů

Zdroj: Výroční zprávy XYZ s.r.o. 2008-2011

	2008	2009	2010	2011
Celkový hrubý zisk	-64 428	17 608	41 109	47 894
Provozní výsledek hospodaření	-39 769	33 847	43 298	72 095
Tržby z prodeje vlastních výrobků a služeb	138 620	399 027	586 735	750 392
Aktiva celkem (netto)	688 470	735 422	752 738	809 253

Pro názornější zobrazení byl na základě výše uvedených hodnot vypracován *graf 3.3*, který zobrazuje výskyt jednotlivých ukazatelů v čase.

Graf 3. 3: Vývoj vybraných ukazatelů v čase
Zdroj: vlastní zpracování

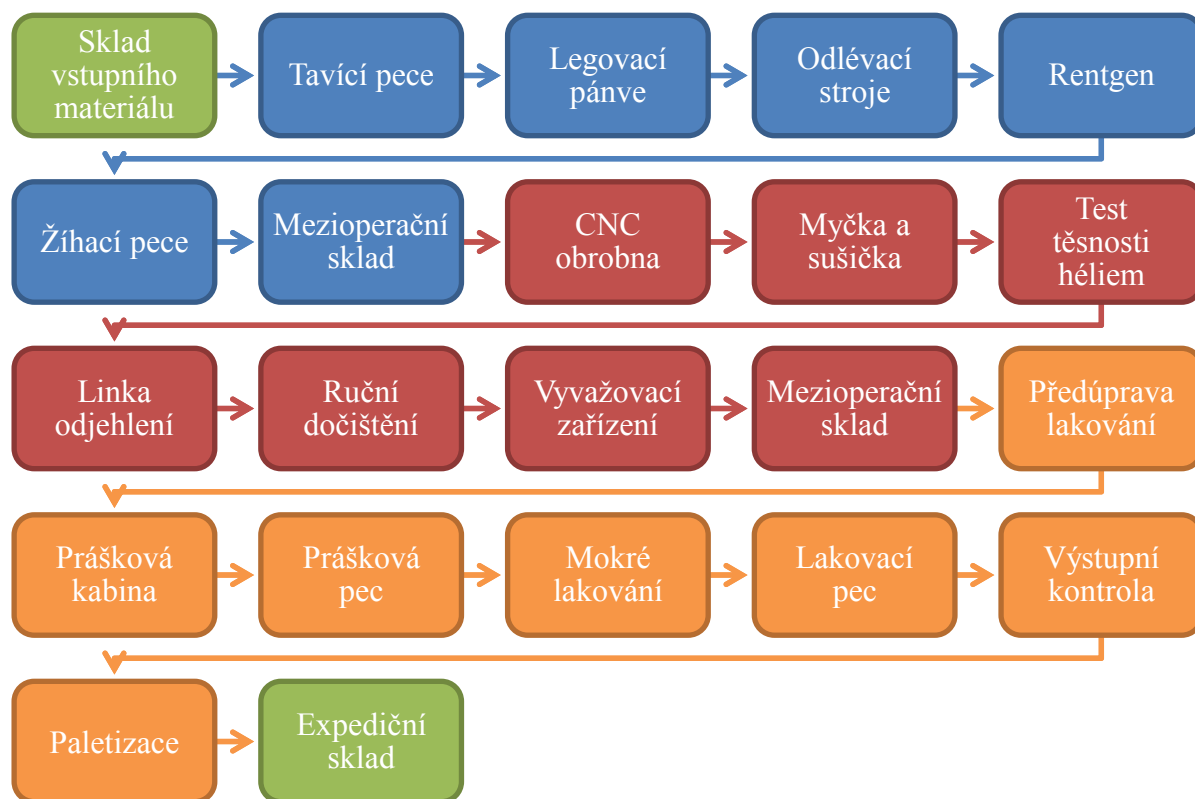


3.3 Popis výrobního procesu v závodě XYZ s.r.o.

Jak již bylo uvedeno v předchozím textu, jsou předmětem výroby zkoumaného závodu hliníková kola pro automobilový průmysl. Konkrétně se jedná o kola určená pro osobní automobily, a to v rozmezí průměru kol 14 až 18 palců (současné strojní zařízení je však v případě potřeby použitelné k výrobě až do velikosti 21 palců). V následujícím textu se pokusím zjednodušeně přiblížit průběh výrobního toku, jehož znalost je nezbytná k analýze výrobního procesu jako celku.

Systém výroby v daném závodě můžeme rozdělit na základní fáze výroby. Těmito fázemi jsou *slévání*, *obrábění*, *lakování* (chronologicky uspořádané dle postupu v systému výroby). Schéma systému výroby je zobrazeno na *obrázku 3.2*. Pro názornost jsou jednotlivá pracoviště a procesy barevně odlišeny dle jejich příslušnosti k dílčímu oddělení výroby (modrá – slévárna, červená – obrobna, oranžová – lakovna).

Obrázek 3. 1: Zjednodušené schéma systému výroby
Zdroj: vlastní zpracování



3.3.1 Oddělení slévárny

Slévárna je prvním článkem výrobního procesu, čímž se stává strategickou z hlediska materiálového toku společnosti. Vstupním materiálem spotřebovávaným v oddělení slévárna je hliníková slitina dodávána ve formě cihel. Jedná se o slitiny hliníku a křemíku, jejichž poměr společně s dodatečným tepelným zpracováním určují mechanické vlastnosti finálních výrobků.

Nejprve dochází k tavbě hliníkové vsázky, tvořené cihlami hliníkových slitin a případnými zmetky vzniklými během dalších výrobních procesů. Tavba je momentálně prováděna na třech tavících pecích. Následně dochází k tzv. legování a rafinaci, prováděné v jedné ze tří speciálních legovacích pánví. Jedná se o technologické postupy, kterými se čistí roztavená slitina, což zlepšuje její vlastnosti. Slitina je v těchto pánvích po tomto procesu

převážena vysokozdvížnými vozíky k další fázi výroby, kterou je odlévání hliníkových odlitků. Toto odlévání je prováděno metodou nízkotlakého lití a řízeného tuhnutí (tlak 1 bar, chlazení plyn / kapalina). V současné době má společnost XYZ s.r.o. k dispozici 24 odlévacích strojů. Odlitky vzniklé při procesu odlévání putují po vychladnutí na požadovanou teplotu pomocí automatického dopravníku k jednomu z 3 dostupných rentgenových zařízení, kde dochází ke kontrole vnitřní kvality těchto odlitků a případnému odhalení skrytých (vnitřních) vad. Zde může dojít k odhalení prvních zmetků vzniklých v procesu odlévání. Dále dochází k odstranění vtokové soustavy, která vzniká při odlévání, a k manuálnímu ražení identifikace každého odlitku. V závislosti na poměru hliníku a křemíku v již vyhotoveném meziproduktu (kola) následně dochází k žihání, neboli tepelnému zpracování, které zlepšuje kvalitativní vlastnosti odlitků (u slitiny $AlSi_{11}$ nedochází k tepelnému zpracování, u slitiny $AlSi_7$ ano). V současné době je žihání prováděno ve dvou žihacích pecích. Kola jsou do těchto pecí vpravována na speciálních koších, na které jsou ukládána manuálně pracovníky slévárny. Zde dochází k tvorbě rozpracované výroby mezi oddělení slévárny a oddělení obrobny, která je skladována v meziskladu, neboli mezioperačním prostoru.

3.3.2 Oddělení obrobny

Obrobna je středním článkem výrobního procesu, kde je spotřebovávána rozpracovaná výroba slévárny a dochází k přípravě a kontrole kol před procesem lakování. Odlitky, které prošly rentgenovým zařízením a v závislosti na druhu slitiny tepelným zpracováním, pokračují nejprve na jedno z 12 pracovišť obráběcího centra. Zde jsou konkrétní části odlitků strojově obrobny za pomoci automatického robota. Následujícím procesem je tzv. odjehlení, kde dochází k povrchové úpravě kol před lakováním na jedné z 12 automatických linek odjehlování. Každé obrobené kolo musí projít linkou myčky a sušičky. Tento krok je nutný k odstranění všech drobných nečistot před testem těsnosti kol za použití hélia. Projde-li kolo testem těsnosti a následnou kontrolou vyváženosti, je kvalitativně vyhovující a je připraveno na proces lakování. Součástí oddělení obrobny je rovněž pracoviště oprav, kde jsou prováděny opravy mechanického rázu. Kola, která jsou v oddělení obrobny vyřazena, jako vadná jsou řádně označena a uložena do vyčleněného prostoru, ze kterého jsou následně odvezena zpět k tavícím pecím pro opětovné přetavení.

3.3.3 Oddělení lakovny

Proces lakování je nanášení třívrstvého nátěrového systému na chemicky předem upravená hliníková kola. Pomineme-li paletizaci a balení před samotnou expedicí kol, je lakovna posledním článkem výrobního procesu. Proces lakování, včetně všech přípravných fází, je zabezpečen lakovací linkou, která využívá automatického dopravníku, na kterém jsou kola zavěšena. Zavěšování kol na dopravníky a pohyb z meziskladu je prováděn manuálně pracovníky lakovny. Před samotným lakováním prochází kola fázemi povrchových úprav, které napomáhají kvalitnímu přilnutí laku. Jedná se o tyto úpravy (chronologicky): před-odmaštění, odmaštění, opláchnutí, demi-opláchnutí, deoxidaci, opláchnutí, demi-opláchnutí, konverzi, demi-opláchnutí, demi-opláchnutí, „ofuk“, sušení, ochlazení.

Následným krokem je samotné lakování. Nejprve dochází k takzvanému práškovému lakování a posléze k mokrému lakování. Po lakování musí každé kolo projít pracovištěm výstupní kontroly. Kola, u kterých by byla nalezena vada, mohou být jedenkrát přelakována. V situaci, kdy ani druhý lak neodpovídá shodnému výrobku, může být kolo odlakováno, případně vyřazeno jako zmetek. Shodné výrobky jsou před balením a expedicí podrobeny dalším zkouškám. Konkrétně se jedná o měření tloušťky laku a práškové vrstvy, přilnavosti laku, otěru-vzdornosti a měření jasu a odstínu laku (prováděna na určitém počtu kol v sérii).

4 Analýza vybraných logistických procesů

Tato část práce je zaměřena již na konkrétní logistické procesy zkoumaného podniku. Zvolenou oblastí logistických procesů jsou procesy vnitropodnikové logistiky, konkrétně procesy výroby. Nejprve byla za použití časové analýzy nalezena kapacitně úzká místa, u kterých byla, na základě informací o jejich kapacitních možnostech, o celkové efektivnosti jejich využití a na základě jejich pozorování objevena místa (respektive činnosti) nesoucí potenciál možného zlepšení. Pro tato místa byla navržena opatření, jejichž realizace zvyšuje jejich efektivnost nejen z hlediska konkrétního procesu, ale především z hlediska celkového systému výroby. Další část práce je zaměřena na pracoviště, která jsou vhodná pro zavedení automatizovaného chodu. U těchto pracovišť byl navržen možný princip technického řešení konkrétních automatizací a na základě požadované návratnosti na automatizaci zařízení, vycházející z politiky podniku, byly určeny maximální ceny realizací těchto řešení.

4.1 Časová analýza dílčích oddělení výrobního procesu

Před samotným analyzováním konkrétních procesů a možností jejich optimalizace je nutné zaměřit se na výrobní proces jako celek a nalézt konkrétní místa ve výrobě, která svou nedostatečnou kapacitou omezují tok celého procesu výroby (od spotřeby vstupního materiálu po expedici hotových výrobků). Prvním krokem je časová analýza (respektive analýza kapacitních možností jednotlivých pracovišť), při které byla kvantifikována rychlost činností jednotlivých pracovišť. Vzhledem k rozdílným formám kvantifikace kapacitních možností na různých pracovištích (vycházejících ze vstupních údajů uvedených v *Příloze č. 2*) bylo nutné sjednotit měřítko hodnocení pro všechna pracoviště. Tímto měřítkem byl zvolen čas potřebný k výrobě jednoho kusu kola v sekundách [s/ks]. Výstupem a hlavním důvodem této analýzy bylo objevení míst, která mají z hlediska toku ve výrobním systému vyšší operační čas potřebný k vyrobění jednoho kusu kola než procesy určující plánovaný výstup. Tato místa jsou úzkými místy výrobního procesu.

Z důvodu rozdílu v technologickém postupu a dalších odlišností jednotlivých oddělení výroby byla časová analýza zpracována odděleně pro jednotlivá výrobní oddělení. Byla tak identifikována úzká místa pro jednotlivá oddělení zvlášť. Samozřejmě je nutné nahlížet na daná úzká místa z hlediska jejich vlivu na celý systém výroby, ale rozdělení časové analýzy

pro jednotlivá oddělení nabízí vyšší vypovídající schopnost analýzy o činnostech těchto dílčích úseků výroby.

Oddělení lakovny v tomto případě není vnímáno jako prvek kontinuálního výrobního toku a tedy není možné jej z hlediska identifikace úzkých míst vnímat jako oddělení ovlivňující tok celého výrobního procesu. Je to dáno odlišností disponibilního časového fondu oddělení lakovny, které je na rozdíl od oddělení slévárny a obrobny v provozu pouze 3 dny v týdnu (oddělení slévárny a obrobny jsou v provozu 5 dní v týdnu). Tento způsob provozu je dán technologickým postupem, kapacitou a energetickou náročností procesů oddělení lakovny. Zároveň je nutné si uvědomit, že vzhledem k výše uvedenému časovému fondu, kterým je oddělení lakovny schopno pokrýt výstup ostatních oddělení, nemůže být lakovna z hlediska celého procesu výroby úzkým místem. Kapacitní možnosti linky lakovny totiž převyšují kapacitní možnosti slévárny a obrobny o cca 40%. Z hlediska principu synchronizace výrobních procesů se tato nevyváženost může jevit jako iracionální, ale z hlediska technologického postupu lakování je předzásobení a následné velkoobjemové lakování značnou úsporou nákladů. Navíc je zde prostor pro pokrytí budoucího nárůstu výroby, který je vzhledem k dříve zmíněné strategii navyšování kapacity více než pravděpodobný.

Pro kontrolu jednotlivých výpočtů je k dispozici tabulka zobrazená v *příloze č. 2*, která zobrazuje jednotlivé kroky převodů na společné měřítko.

4.1.1 Časová analýza oddělení slévárny

Jak již bylo uvedeno v popisu procesu výroby, je prvotním strojním zařízením oddělení slévárny a současně také celého výrobního toku **tavící pec**. V současné době jsou na tomto pracovišti 3 tyto pece, které jsou dohromady schopné produkovat až 4,95 tuny roztavené hliníkové směsi za hodinu. Počítáme-li se spotřebou 17 kg (jedná se o přibližnou hodnotu vycházející z průměrné spotřeby) směsi na výrobu jednoho kola, dostáváme kapacitu pracoviště ve výši 292 kol za hodinu. Čas produkce taveniny nutné k výrobě jednoho kola je tak na tomto pracovišti **12 sekund**.

Následujícím zařízením je pracoviště **legování a rafinace**, na kterém se v současné době vyskytují 3 pánve, z nichž je každá schopna produkce 600 kg taveniny za 7 minut. Při

využití všech 3 pánví je tak toto pracoviště schopno produkovat taveninu potřebnou k výrobě jednoho kola za **4 sekundy**.

Technicky nejnáročnějším pracovištěm slévárny jsou **licí stroje**, ve kterých je využívána tavenina z legovacích pánví. K dispozici je zde 24 licích strojů, z nichž každý je schopen vyrobit jeden odlitek kola za dobu 6 minut. Při využití všech 24 licích strojů je tak doba výroby 1 odluku **15 sekund**.

Odlitek dále putuje k jednomu ze tří **rentgenových zařízení** (RTG). Průměrný cyklus rentgenového snímání 1 kusu odlitku na jednom plně využitém zařízení je 1,3 minuty. Při zapojení všech tří zařízení tak dostáváme cyklus **26 sekund** na celé pracoviště.

Posledním pracovištěm v oddělení slévárny je žihání. V současné době jsou zde k dispozici dvě **žihací pece**. Dle údajů z ledna 2013, kdy byla tyto zařízení využívána na 100% kapacitu, je denní výstup třisměnného provozu jedné pece za bezporuchového stavu 1297 kusů kol. Při zapojení druhé pece a přepočtu na čas žihání jednoho kola, tak dostáváme hodnotu **33 sekund**.

Pro určení úzkého místa (úzkých míst) celého úseku výroby, je nutné srovnat výsledky časové analýzy. Názorné, chronologicky uspořádané, srovnání časů práce na jednom kusu výrobku je zobrazeno na *obrázku 4.1*.

Obrázek 4. 1: Analýza úzkých míst oddělení slévárny
Zdroj: vlastní zpracování



Z výše uvedeného obrázku jsou patrná dvě úzká místa oddělení slévárny. Jsou jimi pracoviště **rentgenového snímání a žihacích pecí**. Obě tato místa nejsou schopna svou momentální kapacitou obsloužit maximální výstup, ale ani plánovaný výstup (odpovídající strategickému využití kapacity) licích strojů. Při hledání úzkých míst ve výrobních systémech se zaměřujeme na místa s nejnižší kapacitou. V tomto případě jsme však jako úzké místo

určili také pracoviště s druhou nejnižší kapacitou (RTG). Při pouhém zvýšení kapacity pracoviště žihacích pecí na požadovanou úroveň by se totiž pracoviště rentgenu stalo úzkým místem. Je tedy nezbytné se na tato dvě pracoviště v dalších krocích analýzy zaměřit a pokusit se nalézt způsoby jejich zefektivnění ve prospěch celého oddělení.

4.1.2 Časová analýza oddělení obrobny

Prvním pracovištěm oddělení obrobny jsou **obráběcí centra**. Tyto robotické CNC stroje zpracovávají rozpracovanou výrobu z oddělení slévárny. Konkrétně se jedná o rozpracovanou výrobu vycházející z žihacích pecí ($AlSi_7$) a z RTG ($AlSi_{11}$). K únoru 2013 je v provozu 12 automatizovaných obráběcích center, z nichž je každé schopno vyprodukovat 372 kusů kol za jeden pracovní den. Při využití všech zařízení je toto pracoviště schopné produkce 4466 kusů kol za pracovní den. V přepočtu na čas potřebný k obrobení jednoho kusu se tak dostáváme na **19 sekund**.

Dalším pracovištěm v rámci časové analýzy je tzv. **Helium leak test**, na kterém je testována těsnost kol za použití hélia. Každému ze dvou zařízení tohoto pracoviště trvá test jednoho kusu kola 40 sekund. V rámci pracoviště je tak čas **20 sekund** vnímán jako čas potřebný k testu jednoho kusu kola.

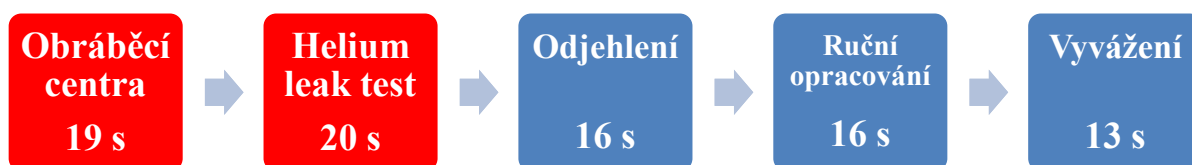
Následuje automatická linka **odjehlení**. Pomocí automatického dopravníkového pásu je obrobené kolo dopravováno k jednomu z 12 zařízení. Každé zařízení tohoto pracoviště má denní výstup do výše 450 kusů. Dohromady tak je celé pracoviště schopno denní kapacity 5400 kusů kol, což nám z hlediska operačního času celého pracoviště na jeden kus výrobku dává **16 sekund**.

Z důvodu drobných kvalitativních nedokonalostí obrábění automatických pracovišť CNC a odjehlení je nutná vizuální kontrola a **ruční opracování** (dočištění). Na pracovišti ručního opracování v současné době pracuje dle potřeby až 6 pracovníků. Časová náročnost ručního opracování se liší dle druhu kola a rozsahu předem vzniklých nedokonalostí. Musíme tedy vycházet z průměrných údajů. Průměrná doba ručního opracování je 1,6 minuty na jedno kolo. Při zapojení všech 6 pracovníků se tak dostáváme na hodnotu **16 sekund**, které vyjadřují čas potřebný k ručnímu opracování jednoho kusu kola v rámci celého pracoviště.

Posledním pracovištěm oddělení obrobny je **kontrola vyvážení**. Zde dochází ke kontrole každého kola z hlediska jeho vyvážení, které musí splňovat normu vycházející z požadavků zákazníka. Jedná se o pracoviště kombinující lidský faktor a mechanické zařízení. V současné době jsou zde dvě vyvažovačky, na které jsou kola nasazována manuálně pracovníky tohoto pracoviště. Jedno vyvážení trvá v průměru 26 sekund, z čehož pak vychází vyvážení jednoho kola v čase **13 sekund** za celé pracoviště.

Stejně jako pro předchozí oddělení, je chronologicky uspořádané, srovnání časů práce na jednom kusu výrobku znázorněno na *obrázku 4.2*.

Obrázek 4. 2: Analýza úzkých míst oddělení obrobny
Zdroj: vlastní zpracování



Pozorný čtenář bude vzhledem k předem uvedenému popisu výrobního procesu oddělení obrobny postrádat v časové analýze obrobny pracoviště **myčky a sušičky**. Tato zařízení nebyla do výše uvedené analýzy zahrnuta z důvodu jejich technického provedení. Oba tyto procesy jsou totiž konstrukčně zařízeny jako **průběžná** zařízení, což znamená, že jimi obrobená kola pouze procházejí bez nutnosti zastavení či změny rychlosti dopravníku, který je zároveň na pracoviště myčky a sušičky dopravuje. Tato zařízení tak v žádném případě netvoří úzká místa.

Z *Obrázku 4.2* je patrné, že úzkými místy oddělení obrobny byla zvolena dvě pracoviště. Jedná se o **pracoviště obráběcích center (CNC)** a **pracoviště testu těsnosti (helium leak test)**. Tato pracoviště mají přibližně stejnou hodnotu operačních časů a tedy i přibližně stejnou kapacitu, která je nižší než u ostatních pracovišť tohoto oddělení. Z hlediska oddělení obrobny tak tato pracoviště snižují jeho kapacitu. V porovnání s úzkými místy oddělení slévárny jsou sice operační časy těchto pracovišť nižší, ale v porovnání s operačním časem pracoviště licích strojů je patrné, že nejsou úzká místa oddělení obrobny schopna kapacitně pokrýt výstup oddělení obrobny po odstranění úzkých míst tohoto pracoviště.

4.2 Celková efektivnost vybraných zařízení

V předchozí kapitole jsme našli úzká místa, která svou nízkou kapacitou limitují kapacitu celého systému výroby. Je nezbytné zaměřit se na tato místa a analýzou jejich činností nalézt potenciální způsoby jejich zefektivnění. K názornému zobrazení efektivnosti současného stavu těchto pracovišť použijeme ukazatel OEE. Ten je většinou využíván pro potřeby mezipodnikového srovnání. V našem případě jej však využijeme pouze k vyzdvihnutí jevů snižujících efektivnost těchto zařízení a jejich kvantifikaci. Budeme tak schopni tyto jevy mezi sebou srovnat a zaměřit se na ty s největším potenciálem zlepšení. Při výpočtu OEE vycházíme z údajů o plánovaných prostojích, neplánovaných prostojích, poměru optimálního a reálného cyklu zařízení, zmetkovitosti daného zařízení. Získání těchto informací je podmíněno pečlivým dlouhodobým sledováním a evidencí na každém z výrobních zařízení. Jedině tak lze získat informace vedoucí k objevení a pochopení příčin nedostatků, které ovlivňují efektivnost výrobních procesů. Pracovníci společnosti XYZ s.r.o. si toto velice dobře uvědomují a pečlivě sledují a zaznamenávají všechny potřebné informace. Evidence je prováděna v rámci každé směny a to přímo pracovníky obsluhující konkrétní zařízení. Tyto informace jsou posléze předávány vedoucím jednotlivých výrobních oddělení, kteří tato data vyhodnocují a zavádějí do podnikového informačního systému. Díky této evidenci jsou nejen odhalována problematická místa, na která je nezbytné se zaměřit (například v rámci plánované údržby), ale rovněž je sledován dlouhodobý trend zvyšování efektivnosti výroby, jakožto jeden z logistických cílů.

V teoretické části práce jsme se seznámili se způsobem výpočtu ukazatele OEE. Vzhledem k formě vstupních dat pro výpočet tohoto ukazatele (vycházejících z vnitropodnikové evidence) bude v praktické části použit alternativní způsob výpočtu. Samozřejmě však bude zachován princip tohoto ukazatele vycházející ze vztahu:

$$OEE = \text{využití} \times \text{výkon} \times \text{kvalita} [\%]$$

Data dílčích faktorů výpočtu ukazatele Celkové efektivnosti zařízení jsou uvedena v *tabulce 4.1*. Hodnoty těchto ukazatelů a jejich reálné příčiny budou vysvětleny během jednotlivých výpočtů.

Tabulka 4. 1: Data dílčích faktorů výpočtů OEE pro úzká místa

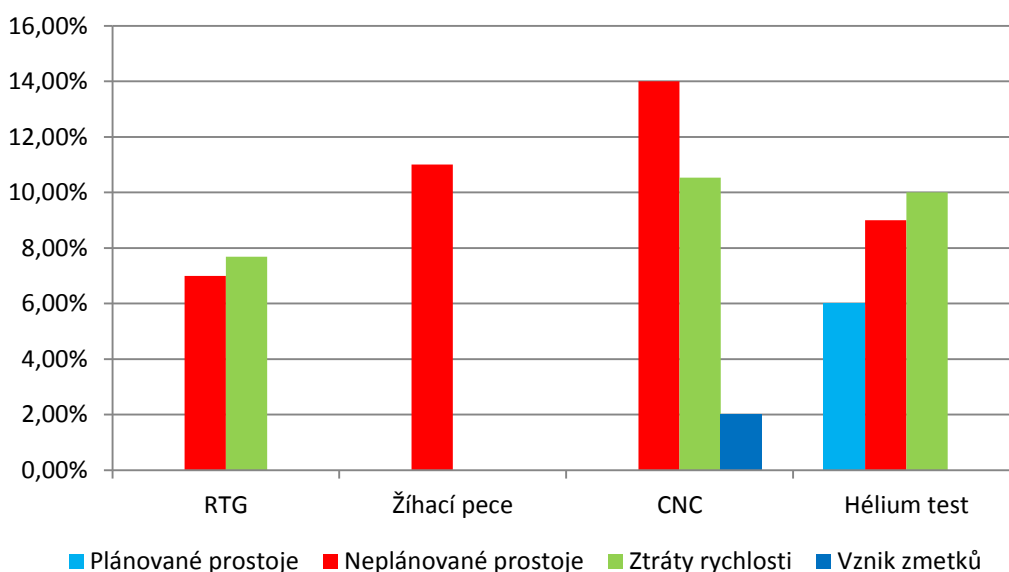
Zdroj: vlastní zpracování

	RTG	Žíhací pece	CNC	Hélium test
Plánované prostoje	0,00%	0,00%	0,00%	6,00%
Neplánované prostoje	7,00%	11,00%	14,00%	9,00%
Ztráty rychlosti	7,69%	0,00%	10,53%	10,00%
Vznik zmetků	0,00%	0,00%	2,00%	0,00%

V grafu 4.1 můžeme názorně vidět, které faktory ukazatele OEE ovlivňují jednotlivá úzká místa a v jaké míře. Toto srovnání mezi jednotlivými pracovišti sice nemá velikou vypovídající schopnost, jelikož efektivita jednotlivých pracovišť je ovlivněna technologickými a provozními specifiky těchto pracovišť, ale z důvodu názornosti a přehlednosti považují toto grafické vyjádření za vhodné.

Graf 4. 1: Výskyt dílčích faktorů ukazatele OEE na úzkých místech

Zdroj: vlastní zpracování



4.2.1 OEE pro rentgen

Rentgen je vzhledem k průběhu výrobnímu toku prvním zjištěným úzkým místem. Z tabulky 4.1 je patrné, že zde nevznikají žádné plánované prostoje. Je to dáno tím, že všechny

činnosti kategoricky vnímané jako plánované prostoje (úklid, preventivní údržba, programování) jsou prováděny mimo dobu provozu rentgenu. Rentgen je stejně jako všechna ostatní zařízení (s výjimkou žihacích pecí a celého oddělení lakovny) v současném stavu v provozu pouze od pondělí do pátku. Plánovanou údržbu a jiná preventivní opatření je tedy možno provádět během víkendů.

Během neplánovaných prostojů je spotřebováváno 7 % disponibilního času rentgenu. Příčinami těchto prostojů jsou drobné nepředvídatelné poruchy a technologicky nutné prostoje.

$$\textbf{Využití RDG} = 93 \%$$

Při výpočtu ztrát rychlosti pracoviště rentgenu porovnáváme optimální hodnotu času jednoho cyklu snímání a reálnou hodnotu času jednoho cyklu snímání. Reálný čas jednoho cyklu je vyjádřen průměrnou hodnotou vycházející z vnitropodnikové evidence zařízení RTG. Zároveň se jedná o stejný čas, který byl použit při časové analýze. Reálný čas jednoho cyklu je 78 sekund. Optimální čas jednoho cyklu je 55 sekund. Tento čas představuje optimální cyklus rentgenu v tzv. automatickém režimu.

$$\textbf{Výkon RTG} = \frac{\textit{optimální čas cyklu}}{\textit{reálný čas cyklu}} = \frac{55}{72} = 0,7639 = 76,39 \%$$

Z hlediska zmetkovitosti je zařízení RTG zcela bez zmetkovitosti. Je to dáno technologickým procesem na tomto zařízení, kdy nedochází ke změnám vlastností výrobku, ale pouze ke kontrole kvality předcházejícího procesu, tedy lití. Sice jsou zde zmetky detekovány (dlouhodobý průměr 3% zmetků), ale z hlediska výpočtu míry kvality v rámci OEE je nutno brát v úvahu pouze zmetkovitost zapříčiněnou daným zkoumaným zařízením. V tomto ohledu je míra kvality rentgenu 100 %.

$$\textbf{Kvalita RTG} = 100 \%$$

Ukazatel celkové efektivity zařízení vychází z dílčích faktorů, kde:

$$\textbf{OEE pro RTG} = (0,93 \times 0,7639 \times 1) = 0,7105 = 71,05 \%$$

Porovnáním s cílovými hodnotami podniků světové třídy dle Vorne Industries, Inc. uvedených v *tabulce 2.1*, u kterých je hodnota OEE cílena k 85 % zjistíme, že hodnota OEE pro RTG tuto hodnotu dokonce převyšuje. Jednak si musíme uvědomit, že se jedná pouze o orientační doporučení hodnoty a také, že nesmíme porovnávat pouze výslednou hodnotu celkové efektivity zařízení, ale zároveň dílčí faktory ukazatele. Výsledný faktor může být totiž značně zkreslen, jako v tomto případě, kdy hodnoty míry využití a míry kvality převyšují hodnoty podniků světové třídy. Naopak faktor výkonu vyjadřující vliv ztrát rychlosti zařízení na jeho celkovou efektivitu dosahuje „pouze“ 92,31 %, přičemž podniky světové třídy dosahují výkonu až 95 %. Je tedy zřejmé, že pokud se jedná o potenciál zvýšení celkové efektivnosti současného zařízení RTG, budeme se snažit zvýšit reálnou rychlost tohoto zařízení. Pro úplnost zde musíme uvést momentální řešení, kdy je automatický chod rentgenu (bez nutnosti zásahů obsluhy) doplňován manuálním chodem, kdy obsluhující personál samostatně detekuje zmetky. Tento způsob detekce zvyšuje rychlost cyklu o cca 50 %. Na druhou stranu vzniká tímto řešením nebezpečí výskytu chyb lidského faktoru, které by se mohly projevit v následujících procesech a v nejhorším případě reklamací zákazníka. Zároveň také je toto řešení v dlouhodobém horizontu v rozporu s principem využití automatického zařízení.

4.2.2 OEE pro žíhací pece

Proces žíhání je přímo návazný na proces rentgenové kontroly. Stejně jako u zařízení RTG zde nejsou evidovány žádné plánované prostoje. Na rozdíl od rentgenu jsou sice žíhací pece v současném stavu (z důvodu nízké kapacity) v provozu 7 dní v týdnu, ale vzhledem k tomu, že žíhání je technologicky nutné pouze u jedné ze dvou druhů slitin (viz *kapitola 3.1.1*), vzniká zde prostor pro provádění plánované údržby a všech ostatních preventivních opatření v době, kdy jsou produkována kola slitiny AlSi₁₁.

Neplánované prostoje tvoří 11 % disponibilního času žíhacích pecí. Míra těchto prostojů není způsobena častým výskytem poruch, ale především nutností vychladnutí pece před možností provedení nápravy. Každé opravě vyžadující vstup pracovníka do vnitřních prostor pece (dále jen dlouhodobá porucha) musí předcházet její vychladnutí, které trvá 8 hodin. Po provedení nápravy vzniklé situace dochází k opětovnému nahřátí pece, které si opět vyžaduje dobu 8 hodin.

$$\textbf{Využití Žíhací pece} = \textbf{89 \%}$$

Ztráty rychlosti (výkonu) na tomto pracovišti nevznikají, jelikož čas procesu žíhání je normativně dán a jeho doba se odráží v kvalitativních vlastnostech konečného produktu. Celková denní reálná kapacita pracoviště žíhacích pecí ve výši 3450 kol (viz *příloha č. 2*), je tak zároveň kapacitou optimální.

$$\textbf{Výkon Žíhací pece} = \textbf{100 \%}$$

Stejně jako v případě RTG zařízení je zmetkovitost žíhacích pecí nulová. Jedná se o technologický postup v rámci, kterého jsou pouze zlepšovány mechanické vlastnosti kol procesem tepelného zpracování. Při tomto procesu zmetky nevznikají.

$$\textbf{Kvalita Žíhací pece} = \textbf{100 \%}$$

Hodnota ukazatele OEE je v tomto případě snížena pouze o výskyt neplánovaných prostojů, kde:

$$\textbf{OEE pro Žíhací pece} = (0,89 \times 1 \times 1) = 0,8900 = \textbf{89 \%}$$

V tomto případě nemá srovnání hodnoty ukazatel OEE pro žíhací pece s hodnotami podniků světové třídy patřičnou vypovídající schopnost. Vzhledem k stoprocentním faktorům výkonu a kvality tohoto pracoviště se můžeme zaměřit pouze na faktor využití. Faktor vlivu neplánovaných prostojů je v tomto případě téměř shodný s doporučenou hodnotou podniků světové třídy dle Vorne Industries, Inc. (pouhý deficit jednoho procentního bodu). Opět je však nutné zmínit, že tyto „cílové hodnoty“ jsou pouze orientační a v tomto případě bych zdůraznil podstatu kontinuálního zlepšování. Snížením výskytu poruch můžeme značně snížit celkové využití žíhacích pecí, a zvýšit tak kapacitu tohoto pracoviště. Po odečtení podílu drobných poruch, které nevyžadují vstup do vnitřních prostor pece (2 % z disponibilního času), tvoří dlouhodobé prostoje 9 % neplánovaných prostojů.

Pouze dlouhodobé prostoje tak tvoří v přepočtu 2,16 hodin z jednoho pracovního dne. V současném provozu (třísměnný provoz, 7 dní v týdnu) tak dochází k dlouhodobé poruše v průměru každých 7,4 dne (viz níže uvedený výpočet).

$$\begin{aligned}\emptyset \text{ výskyt dlouhodobé poruchy} &= \frac{\text{délka trvání dl. poruchy [h]}}{\emptyset \text{ doba dl. poruchy v jednom pracovním dni } \left[\frac{h}{den} \right]} \\ &= \frac{2 \times 8}{0,09 \times 24} = \mathbf{7,4 dne}\end{aligned}$$

Jelikož je z technologických důvodů nemožné urychlit proces vychladnutí a opětovného nahřátí pece, je jediným nabízejícím se způsobem jak snížit vliv neplánovaných prostojů na využití žihacích pecí snížení výskytu těchto poruch. Toho lze dosáhnout například zvýšením významu preventivní údržby na tomto pracovišti v návaznosti na evidenci a zkoumání příčin vzniků těchto dlouhodobých poruch.

4.2.3 OEE pro obráběcí centra

V procesu obrábění (CNC) je spotřebovávána rozpracovaná výroba z oddělení slévárny. Stejně jako v případě RTG probíhá také na tomto pracovišti plánovaná údržba (úklid, preventivní údržba, programování) během víkendů. Nevznikají tak zde žádné plánované prostoje v rámci plánovaného pracovního času.

Neplánované prostoje tvoří 14 % z disponibilního času. Z toho je 4 % tvořeno poruchami a zbylých 10 % tvoří technologické prostoje (tvořené především prostoji způsobenými činnostmi spojenými se seřízením).

$$\text{Využití CNC} = \mathbf{86 \%}$$

Stejně jako při výpočtu výkonu (ztrát rychlosti) pracoviště RTG budeme při výpočtu výkonu pracoviště CNC vycházet ze srovnání optimálního a reálného cyklu obrábění. Za reálný čas jednoho cyklu tohoto procesu je použita hodnota vycházející z propočtu časové analýzy, tedy 19 sekund (viz příloha č. 2). Optimálním časem jednoho cyklu obrábění je pro celé pracoviště 17 sekund.

$$\text{Výkon CNC} = \frac{\text{optimální čas cyklu}}{\text{reálný čas cyklu}} = \frac{17}{19} = 0,8947 = \mathbf{89,47 \%}$$

Zmetky na oddělení obrobny tvoří 3,5 % produkce. Opět se však musíme zaměřit pouze na zmetky z hlediska přímého původu jejich vzniku. V tomto případě tvoří

zmetkovitost zapříčiněna pracovištěm CNC 2 % produkce (zbylých 1,5 % tvoří zmetky s původem vzniku v procesech oddělení slévárny).

$$Kvalita\ CNC = 98\ \%$$

Stejně jako v předchozích případech je hodnota ukazatele OEE pro obráběcí centra vyjádřen součinem dílčích faktorů využití, výkonu a kvality:

$$OEE\ pro\ CNC = (0,86 \times 0,8947 \times 0,98) = 0,7541 = 75,41\ \%$$

Opět je nutné se zaměřit na dílčí faktory ukazatele OEE. Z hlediska neplánovaných prostojů je celých 10 % těchto prostojů způsobeno technologickými prostoji a to především časem seřízení, nutného při změně série obráběných kol či seřízení při zvýšené míře zmetkovitost indikující nepřesnost oprávnění. Snižování času seřízení (výměny nástrojů CNC robota, úchytů obrobků aj.) je dlouhodobým cílem oddělení obrobny. Za současného stavu je průměrný čas seřízení 145 minut. Sice se jedná pouze o zlomek času seřízení v porovnání s výchozím stavem v prvním roce provozu závodu (rok 2008), ale vedení společnosti si uvědomuje nutnost dále tento čas snižovat.

Rovněž je zde nutnost zásahu externích pracovníků servisních služeb v případě poruch, které nejsou schopni odstranit interní pracovníci. Doba čekání na opravu tak značně prodlužuje prostoje tohoto pracoviště. Současným opatřením je smluvně daná doba čekání na servis. Rovněž jsou na skladě oddělení obrobny drženy (pokud je to možné) všechny nejčastěji potřebné náhradní díly pro účel jejich výměny v nejkratším možném čase.

Ztráty rychlosti (výkonu) obráběcích center CNC jsou způsobeny drobnými zásahy pracovníků obráběcích center. Jako příklad takového zásahu můžeme uvést výskyt špon bránící pevnému upnutí kola do čelistí upínacího mechanismu CNC stanice.

Z hlediska kvality produkce jsou obráběcí centra velice efektivní. Dvouprocentní zmetkovitost je v takto náročném procesu (například z hlediska přesnosti) nutno považovat za obrovský úspěch. V počátcích výrobního závodu však nebylo dosahováno takto nízkého podílu zmetků na celkovém výstupu pracoviště a současný stav je výsledkem dlouhodobého a nepřetržitého zkoumání příčin vzniku zmetků a jejich postupné eliminace. Z hlediska

zmetkovitosti můžeme považovat stanice CNC za pracoviště světové třídy (viz porovnání s tabulkou 2.1).

4.2.4 OEE pro Helium leak test

Jak již bylo uvedeno při popisu systému výroby, je Helium leak test (HLT) neboli test těsnosti héliem procesem navazujícím na proces CNC obrábění. Stejně jako předešlý proces je toto pracoviště úzkým místem oddělení obrobny. Na rozdíl od všech výše uvedených míst jsou na tomto pracovišti evidovány plánované prostoje. Tyto prostoje činí 6 % a jsou tvořeny zejména nutnými výměnami hélia v zařízení, případně opakovanými testy. Neplánované prostoje tvoří 9 % z disponibilního času zařízení.

$$\text{Využití zařízení HLT} = 91 \%$$

Výpočet výkonu (ztrát rychlosti) je opět proveden srovnáním optimálního a reálného cyklu tohoto procesu. Z časové analýzy je patrný čas reálného cyklu 40 sekund, přičemž teoretická hodnota optimálního cyklu je 36 sekund (pro jedno zařízení). Tyto ztráty rychlosti jsou spojeny se ztrátami rychlosti celé linky včetně dopravníků, nicméně z hlediska výpočtu celkové efektivity tohoto zařízení je musíme do faktoru využití zahrnout.

$$\text{Výkon zařízení HLT} = \frac{\text{optimální čas cyklu}}{\text{reálný čas cyklu}} = \frac{36}{40} = 0,9000 = 90,00 \%$$

V procesu testování kol héliem je detekována zmetkovitost ve výši 2 %. Stejně jako v případě zařízení RTG však tato zmetkovitost není zapříčiněna tímto konkrétním zařízením, a z toho důvodu nemůže být vnímána jako faktor snížení efektivity zařízení. V tomto ohledu je tedy Helium leak test zcela bez zmetkovitosti.

$$\text{Kvalita zařízení HLT} = 100 \%$$

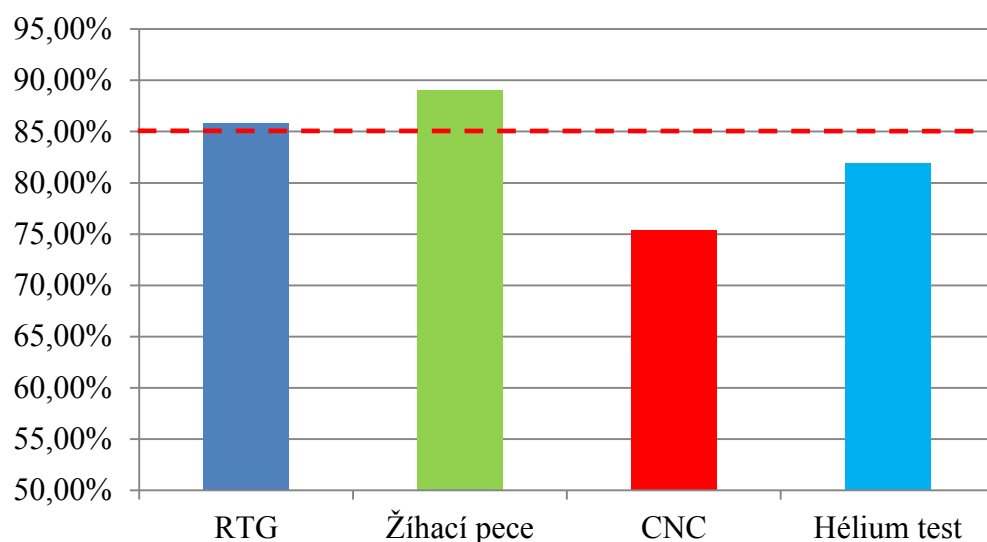
$$\text{OEE pro zařízení HLT} = (0,91 \times 0,9 \times 1) = 0,819 = 81,9 \%$$

Stejně jako v případě předcházejících úzkých míst je nutné zhodnotit především vliv dílčích faktorů na celkovou efektivitu tohoto zařízení. Vliv neplánovaných prostojů neboli využití zařízení HLT není v porovnání s doporučenými hodnotami nikterak alarmující.

Naopak využití zařízení vycházející z rozdílu optimálního a reálného cyklu jednoho zařízení je poměrně nízké. Je tedy nutné zaměřit se na příčiny vzniku snížení výkonu tohoto zařízení.

Pro názorné srovnání výsledků výpočtu ukazatele OEE pro všechna úzká místa poslouží *Graf 4.2*. Červená přerušovaná čára značí hodnotu OEE pro podniky světové třídy dle Vorne Industries, Inc..

Graf 4. 2: Srovnání ukazatele OEE pro úzká místa
Zdroj: vlastní zpracování



4.3 Možnosti uplatnění automatizačních zařízení ve výrobním procesu

Další částí práce bude řešení možností aplikace principů automatizace na vybrané výrobní procesy v systému výroby společnosti XYZ s.r.o.. Celá řada procesů současného systému výroby je již řešena použitím automatizačních zařízení. Příkladem mohou být například zařízení RTG, CNC roboty, odjehlovací zařízení, helium leak test, automatická linka lakovny či systém automatických dopravníků. I přes takto široké uplatnění automatizace se však v celém systému stále nachází několik pracovišť s potenciálem zvýšení jejich efektivity prostřednictvím automatizace. Po opakovaných exkurzích výrobním procesem a konzultaci s vedením společnosti byly vytipovány 3 dílčí procesy, u kterých by automatizace mohla přispět k zefektivnění celého výrobního systému. Jsou jimi procesy:

- *nakládání kol na žihací koše,*
- *navěšování kol na háky automatického vertikálního dopravníku lakovací linky,*
- *paletizace a balení hotových výrobků.*

4.3.1 Proces nakládání na žihací koše

Proces nakládání kol na žihací koše předchází procesu samotného žihání v žihacích pecích (viz kapitoly 3.1.1. a 4.2.2.). Kola jsou do žihacích pecí dopravována na tzv. žihacích koších, ty jsou tvořeny pevnou ocelovou konstrukcí ve tvaru kvádrů. Tyto konstrukce jsou opatřeny pěti policemi, do kterých jsou (za současného stavu) kola manuálně vkládána pracovníky tohoto úseku výroby. Na jednu polici se vejde 4-5 kol dle jejich velikosti a současné potřeby kapacitního využití žihacích pecí. Kola, která prošla rentgenem, dále pokračují po dopravníku k vyrážecce (odstranění vtokové soustavy) a dále k jednomu ze dvou pracovníků, který provede manuálně ražbu identifikačního čísla a v závislosti na druhu slitiny vloží kolo do police žihacího koše nebo na mezioperační paletu. Žihací koše jsou připraveny na přesně vyznačených místech v blízkosti dopravníku. Jejich umístění je stanoveno tak, aby nedocházelo ke zbytečnému pohybu pracovníka a zároveň neomezovalo jeho pohyb mezi dopravníkem a žihacím košem. Žihací koše jsou dopravovány na vyznačená místa vysokozdvíhnými vozíky, stejně jako v případě dopravy již naložených košů k žihacím pecím.

Nevýhody současného stavu tohoto procesu jsou evidentní. Jedná se o vázanost lidského faktoru, tvořeného pracovníkem nakládajícím kola na žihací koše, a zároveň o spotřebu disponibilního pracovního času strojníků vysokozdvíhných vozíků. Obojí s sebou přináší náklady, jejichž tvorbu bychom mohli realizací automatického systému eliminovat. Rovněž si zde musíme uvědomit fyzickou náročnost procesu nakládání kol. Jedno kolo váží v průměru 17 kilogramů a zvedání tak těžkého předmětu do úrovně nejvyšší police (cca 170cm) je značně namáhavou prací. V tomto směru je nutné zmínit legislativní předpisy a omezení regulující podmínky pracovních činností. V současné době ukládá zákoník práce zaměstnavateli povinnost zajistit na pracovištích takové pracovní podmínky, které umožňují bezpečný výkon práce, odstraňovat rizikové a namáhavé práce a zřizovat, udržovat a zlepšovat zařízení pro zaměstnance. V budoucnu je však nutno počítat s konkrétnější (a především striktnější) regulací těchto namáhavých a nebezpečných pracovních činností, která

by mohla vést jednak ke zvýšení nákladů na zaměstnance, případně k nutnosti mechanizace tohoto procesu.

4.3.1.1 Návrh automatizace procesu nakládání na žihací koše

Cílem řešení automatizace daného pracoviště je eliminace potřeby manuálního nakládání na žihací koše a zefektivnění činnosti daného pracoviště.

Automatizace musí být navržena tak, aby byla schopna kooperace s předcházejícími a následujícími procesy. V tomto ohledu musí plynule navazovat na systém automatických dopravníků vycházejících z pracoviště RTG. Stávající systém by v případě realizace navrhovaného řešení nebyl změněn až po zařízení vyrážecí vtokové soustavy, který je spojnici mezi procesy RTG a nakládání na žihací koše.

Navrhovaným řešením je pořízení a instalace **automatizovaného robota**, jehož jedinou funkcí bude nakládání odlitku kol na současné žihací koše. Princip nakládání a orientace robota je založen na souřadnicovém systému, kdy v rámci 3D orientace jsou pevně stanoveny výšky konkrétních polic žihacích košů. V těchto výškách se robot posléze orientuje využitím 2D souřadnic se stanovenými polohami středů nakládaných odlitků kol. Využitím tohoto principu orientace je eliminována nutnost změny orientace robota pro různé velikosti kol. Samozřejmě je před samotným nakládáním nutno rozlišit kola určená pro žihání a kola bez potřeby žihání. Toto rozlišování je v navrhovaném řešení prováděno **kamerovým systémem**, který snímá pohledové strany kol a na základě jejich profilu určuje druh slitiny (každý profil neboli vzhled pohledové strany kola je vyráběn pouze v jediném z druhů směsi). Tyto informace jsou následně předávány na místo **rozvětvení automatického dopravníku**, kde jsou automaticky rozdělovány kola dle nutnosti žihání. První větev dopravníku směřuje k robotu a druhá větev k pracovníkovi nakládajícímu kola na mezioperační palety. Tomuto rozvětvení však musí předcházet **automatické ražení identifikačního čísla** výrobku, které je za stávajícího systému prováděno manuálně pracovníky, kteří nakládají kola na žihací koše.

Z navrhovaného řešení vyplývá potřeba jednoho pracovníka nakládajícího nežíhaná kola na mezioperační paletu. Sice je zde tedy potřeba manuálního nakládání, ale vzhledem k nižšímu počtu kol nevyžadujících tepelné zpracování (cca 20 % celkového objemu výroby) a k méně namáhavému způsobu nakládání na tyto palety v porovnání s nakládáním na žihací koše považují toto řešení za přípustné.

Změnou současného systému na tento způsob automatizace dojde k úspoře nákladů na jednoho pracovníka na tomto pracovišti. Vzhledem k plánu nárůstu objemu výroby by však tento návrh mohl ušetřit až dva pracovníky.

Z důvodu dalších úspor by bylo vhodné zvážit možnosti automatizace dopravování žihacích košů do prostoru pro nakládání a z něj. Tento proces totiž zatěžuje minimálně jednoho operátora vysokozdvizných vozíků. **Dopravníkový systém** by při tomto řešení spojoval místo nakládání s následujícím pracovištěm žihacích pecí. Ten by obstarával jednak zásobování žihacích pecí naplněnými koši a zároveň by vytvářel zásobník prázdných košů před procesem nakládání. Tímto způsobem by došlo k úspoře nákladů na jeden vysokozdvizný vozík.

Úsporami vycházejícími z realizace navrhovaného řešení v porovnání se současným systémem jsou: **náklady na 1 zaměstnance pracoviště nakládání, náklady na 1 vysokozdvizný vozík.**

Náklady na 1 řadového zaměstnance jsou **390 000 Kč/rok**. Tyto náklady zahrnují všechna zatížení podniku vycházející ze zaměstnávání jednoho řadového pracovníka (plat zaměstnance, sociální a zdravotní pojištění zaměstnance, dobrovolné příspěvky podniku, pracovní pomůcky, aj.). Náklady na 1 vysokozdvizný vozík činí 63000 € neboli cca **1 638 000 Kč/rok** (při kurzu 26 Kč/ 1€). Tyto náklady zahrnují jak náklady spojené se zaměstnáváním operátora, tak náklady na stroj vysokozdvizného vozíku (nájem, palivo, odpisy).

Úspora nákladů vycházející z realizace navrhovaného řešení

<i>Na 1 řadového zaměstnance</i>	<i>= 390 000 Kč/rok</i>
<i>Na 1 jednotku vysokozdvizného vozíku</i>	<i>= 1 638 000 Kč/rok</i>
<i>Celkem</i>	<i>= 2 028 000 Kč/rok</i>

Maximální cena investice do této automatizace je tedy v závislosti na dvouleté politice návratnosti do těchto opatření:

$$\text{Max. cena investice} = \text{roční úspora nákladů} \times \text{požadovaná doba návratnosti}$$

$$= (390\,000 + 1\,638\,000) \times 2 = \mathbf{4\,056\,000\,Kč}$$

Při požadované dvouleté návratnosti investice vycházející z politiky investic do automatizace výroby je maximální cena investice vycházející z úspory nákladů při realizaci této investice **4 056 000 Kč**. Reálná cena daného řešení bude vycházet z nabídky specializovaného dodavatele těchto systémů. Při hrubém propočtu odhadované ceny této investice však na základě průměrných cen obdobného zařízení v jiných procesech vychází cena této investice do 3 000 000 Kč.

Jelikož se jedná o proces, který je při slovním popisu velice těžko představitelný, bylo vypracováno schéma tohoto procesu (*viz příloha č. 4*).

4.3.2 Proces navěšování na háky automatického vertikálního dopravníku lakovací linky

Navěšování kol na háky automatického vertikálního dopravníku lakovací linky je proces, v němž dochází k navěšování kol určených k lakování (respektive chemické předúpravy před samotným lakováním). V současném stavu je tento proces zabezpečován manuálním způsobem dvěma pracovníky. Prostor pro navěšování se nachází mimo lakovnu, přesněji v místě, kde tento vertikální dopravník opouští lakovnu.

Kola jsou přivážena na předem určená a viditelně vyznačená místa za pomoci vysokozdvížných vozíků. Ty je přivážejí v jasně stanoveném pořadí z mezioperačního skladu mezi oddělení obrobny a lakovny na tzv. mezioperačních paletách. Každá paleta přijatá k procesu navěšování musí být označena identifikační průvodkou se zaznačenou následující operací lakování, případně přelakování. Odebírání palet z mezioperačního prostoru probíhá metodou FIFO. Jednotlivé řady kol na paletě jsou odděleny speciálními plastovými proklady, které chrání kola před vzájemným poškozením. Při plném obsazení palety je na paletě 90 kusů kol (3 x 3 kola v 10 řadách). Pracovníci obsluhující toto pracoviště navěšují kola v přesně stanoveném pořadí dle plánu navěšování vycházejícího z plánu výroby. V případě odhalení vizuálních defektů kol, musí být tato kola vyřazena a následně musí být o počty těchto kol upraven plán navěšování. Změna série (druhu kol či procesu lakování) probíhá zavěšením speciálního kola na středový hák. Na tomto kole je umístěn kód nesoucí informace o změně specifik procesu lakování.

Jelikož se jedná o proces, který má z hlediska pohybu pracovníků své podobnosti s procesem nakládání kol na žíhací koše, tak má tento proces rovněž podobné nedostatky případně slabiny. Jedná se tedy o fyzickou náročnost této činnosti a negativa, která sebou tato skutečnost přináší.

4.3.2.1 Návrh automatizace procesu navěšování na háky automatického vertikálního dopravníku lakovací linky

Stejně jako v případě dříve řešeného procesu je cílem automatizace procesu navěšování eliminace manuálního postupu navěšování a zvýšení efektivity tohoto procesu.

Řešením současného problému je v mém návrhu opět aplikace **automatizovaného robota**. Tento robot by v případě aplikace navrhovaného řešení zastával namáhavou práci pracovníků, kteří v současném stavu manuálně navěšují kola na háky automatického dopravníku. Jelikož jsou kola na mezioperačních paletách ukládána vždy po devíti kolech, je možné využít potenciálu robota odebírat a následně zavěšovat kola po 3 kusech při jednom cyklu. Orientace robota by byla provedena obdobným způsobem jako v předchozím způsobu, tedy souřadnicovým systémem. Dnešní technické zpracování robotů je na tak vysoké úrovni, že jim dovoluje manipulaci i s těžkým materiálem. V našem případě by se jednalo o cca 51 kg, což je hrubá hmotnost 3 kusů kol. Toto řešení rovněž značně zrychluje proces nakládání, což by v budoucnu vzhledem k plánovanému rozšíření kapacity výroby bylo značným přínosem. Další úpravou, která je nutná k možnosti aplikace robota do současného systému, je změna ukotvení háků automatického vertikálního dopravníku. Stávající ukotvení háků je provedeno pouze jedním místem. To může způsobit drobné houpání háků. K bezchybné práci robota na tomto pracovišti je tedy nutná **fixace háků** v místě navěšování.

Problémem robotického navěšování jsou však proklady mezi jednotlivými řadami kol na mezioperační paletě. V případě plné automatizace by tyto proklady mohl odebírat dodatečný robot. Jelikož však je na tomto pracovišti nutno ponechat jednoho pracovníka, který musí dohlížet na změnu série kol pro lakování dle plánu lakování, může tento pracovník odebírat proklady manuálně. Zároveň je zde možnost zavedení **krátkého zásobníku** pro plné palety a zároveň prázdné palety, který by vytvářel časovou rezervu pro operátora vysokozdvížného vozíku. Pro tento účel by mohl být pohyb palet na zásobníku obsluhován pracovníkem tohoto procesu.

Opět se zde nabízí možnost změny dopravy palet s koly pro lakování pomocí dopravníkového systému. V tomto případě je však nutné si uvědomit specifika provozu oddělení lakovny (viz kapitola 4.1), konkrétně snížená provozní doba tohoto oddělení. Z těchto důvodů je synchronizace s meziperačním skladem mezi obrobnu a lakovnou a tedy také využití automatického dopravníku v současné době iracionální. V budoucnu by však tento systém, při vyrovnaní kapacit jednotlivých oddělení, mohl zlepšit synchronizaci výroby.

Úsporami vycházejícími z realizace navrhovaného řešení v porovnání se současným systémem jsou **náklady na 1 zaměstnance pracoviště navěšování**.

Stejně jako v předchozím výpočtu tedy počítáme s náklady na 1 řadového zaměstnance, které jsou **390 000 Kč/rok**.

$$\begin{array}{ll} \text{Úspora nákladů vycházející z realizace navrhovaného řešení} & \\ \text{Na 1 řadového zaměstnance} & = \quad \text{390 000 Kč/rok} \end{array}$$

Maximální cena investice do této automatizace je tedy v závislosti na dvouleté politice návratnosti do těchto opatření:

$$\begin{aligned} \text{Max. cena investice} &= \text{roční úspora nákladů} \times \text{požadovaná doba návratnosti} \\ &= (390\,000) \times 2 = \mathbf{780\,000\,Kč} \end{aligned}$$

Při požadované dvouleté návratnosti investice vycházející z politiky investic do automatizace výroby je maximální cena investice do automatizace navěšování vycházející z úspory nákladů při realizaci této investice 780 000 Kč. Opět bude reálná cena daného řešení vycházet z nabídky specializovaného dodavatele těchto systémů.

Dle průměrných cen robotů by však cena tohoto řešení pravděpodobně převyšovala maximální cenu investice. V budoucnu by však s rozšířením o dalšího robota a dopravníkový systém mohl být ušetřen další zaměstnanec a především jeden operátor vysokozdvížných vozíků což by změnilo poměr maximální ceny investice k ceně skutečné.

Stejně jako v případě předchozího návrhu bylo pro lepší představu o tomto procesu vypracováno schéma (viz příloha č. 4).

4.3.3 Proces paletizace a balení hotových výrobků

Paletizace a balení hotových výrobků procesně navazuje na finální výstupní kontrolu, které předchází proces lakování. Z hlediska zařazení do systému výroby spadá tento proces do oddělení lakovny. Postup balení jednotlivých typů kol vychází z interních předpisů specifikujících konkrétní požadavky na způsob balení. Kola přijíždějí po procesu lakování a výstupní kontrole na pracoviště balení po automatickém pásovém dopravníku. Z něj jsou odebírána pracovníky a ukládána na železné přepravní palety. Stejně jako u paletizace před procesem navěšování jsou jednotlivé řady kol prokládány plastovými proklady, které brání jejich poškození během manipulace s paletami. Jelikož jsou kola během nakládání, přepravy a následného vykládání u odběratele vystavena většímu riziku jejich poškození a nesmí dojít k sebemenšímu vizuálnímu defektu, jsou navíc na všechny řady kol prokládány polyesterové (či mirelonové) fólie. Ty chrání pohledové strany kol před sebemenším poškozením. V tomto ohledu je rovněž důležitá vizuální kontrola plastových prokladů, které v případě jejich poškození či znečištění pracovníci procesu balení vyřazují. Postup balení tedy začíná odběrem kol z dopravníkového pásu a jejich pokládání na předem připravenou železnou paletu a plastový proklad. Následuje proložení polyesterové fólie na pohledovou stranu kol a opětovné proložení plastovým prokladem. Tento postup se opakuje celkem 6 krát. Celkem se tak na tento druh palety vejde 48 kol (6 řad po 8 kolech). Po položení posledního plastového prokladu (celkově sedmého) se na horní část uloží svrchní kryt. Následně dochází k zapáskování neboli stažení celé sestavy, kterým dochází ke stabilizaci kol na paletě.

Tento systém pracoviště zaměstnává celkem 3 pracovníky. Dva pracovníci zabezpečují nakládání kol na mezioperační palety a činnosti s tím spojené. Jeden pracovník provádí páskování již naložených palet.

Stejně jako v předchozích případech je tento proces pro jeho obsluhu z dlouhodobého hlediska velice fyzicky namáhavý a jeho automatické řešení by mohlo přispět k eliminaci rizik s tím spojených.

4.3.3.1 Návrh automatizace procesu paletizace a balení hotových výrobků

Cílem automatizace tohoto procesu je opět eliminace náročné manuální práce pracovníků procesu paletizace a zefektivnění tohoto procesu v závislosti na plánovaném zvyšování výroby podniku.

Stejně jako v předchozích dvou řešeních automatizací procesů je stěžejním prvkem návrhu automatizace procesu paletizace nahrazení lidského faktoru automatickým zařízením. Mechanizace činností pracovníků tohoto procesu, tedy nakládání kol a páskování palet, je v navrhovaném řešení zabezpečena **automatizovaným robotem a automatickým vertikálním páskovacím zařízením**. Robot v tomto procesu zabezpečuje odebrání kol přijíždějících na pracoviště na dopravníkovém pásu a jejich ukládání na expediční palety. Vzhledem k uložení kol na expediční paletě je robot schopen ukládat pouze dvě kola během jednoho cyklu. Celkem tak dochází k 4 cyklům ukládání pro 1 řadu palety (8 kol na jednu řadu palety). Orientace robota probíhá stejně jako v předchozích případech pomocí posloupností souřadnic určujících lokalizaci kola na paletě. Na tomto pracovišti i přes zapojení dvou automatizovaných zařízení musí operovat jeden pracovník, který dohlíží na bezchybný chod pracoviště a obsluhuje robota nakládání. Konkrétně se jedná o prokládání jednotlivých řad kol ochrannými proklady, fóliemi a svrchními kryty. Po poslední fázi nakládání, tedy uložení svrchního krytu putuje plná paleta po **dopravníku** k automatickému vertikálnímu páskovacímu zařízení. Zde je celá paleta zapáskována a připravena na převoz do expedičního skladu.

Úsporami vycházejícími z realizace navrhovaného řešení v porovnání se současným systémem jsou **náklady na 2 zaměstnance pracoviště paletizace a balení hotových výrobků**.

V rámci úspory nákladů vzniklých realizací tohoto návrhu tedy počítáme s náklady na 2 zaměstnance, které jsou **780 000 Kč/rok**.

Úspora nákladů vycházející z realizace navrhovaného řešení

<i>Na 1 řadového zaměstnance</i>	<i>= 390 000 Kč/rok</i>
<i>Na 1 řadového zaměstnance</i>	<i>= 390 000 Kč/rok</i>
<i>Celkem</i>	<i>= 780 000 Kč/rok</i>

Maximální cena investice do této automatizace je tedy v závislosti na dvouleté politice návratnosti do těchto opatření:

$$\begin{aligned} \text{Max. cena investice} &= \text{roční úspora nákladů} \times \text{požadovaná doba návratnosti} \\ &= (780\,000) \times 2 = \mathbf{1\,560\,000\,Kč} \end{aligned}$$

Při požadované dvouleté návratnosti investice vycházející z politiky investic do automatizace výroby je maximální cena investice do automatizace procesu paletizace vycházející z úspory nákladů při realizaci této investice 1 560 000 Kč. Stejně jako v předchozích případech je nutné zmínit, že reálná cena daného řešení vychází z nabídky specializovaného dodavatele těchto systémů. V tomto případě je vzhledem k použití automatického páskovacího zařízení, o jehož užití a ceně nemá zkoumaný subjekt žádné dostupné informace, nemožný ani odhad reálné ceny investice do této automatizace.

Opět je pro lepší představu o tomto procesu vypracováno schéma, které je součástí přílohy č. 4.

5 Návrhy a doporučení opatření pro zefektivnění procesů v logistice

V této části práce jsou uvedena opatření, jejichž realizace povede k zefektivnění výrobních procesů, které byly při analýze výrobního systému podniku XYZ s.r.o. označena jako úzká místa. Rovněž jsou v této části práce shrnuty možnosti realizace navrhovaných automatizací procesů řešených v kapitole 4.

5.1 Opatření pro pracoviště rentgenu

Pracoviště rentgenu je prvním úzkým místem oddělení slévárny. Časovou analýzou bylo zjištěno kapacitní omezení tohoto pracoviště vzhledem ke kapacitě předcházejících procesů oddělení slévárny. Při propočtu denního plánovaného výstupu pracoviště odlévání (cca 4320 ks), které odpovídá požadovanému ročnímu objemu výroby (977 000 ks) v kombinaci s využitím kapacity licích strojů na požadované úrovni 75 %, je pracoviště RTG v automatickém režimu svou maximální kapacitou schopno obsloužit pouze cca 77 % tohoto výstupu. Z tohoto důvodu je tedy zřejmá nutnost zvýšení kapacity pracoviště RTG. Rovněž je na tomto zařízení nutné počítat s krátkodobými poruchami zařízení, kdy porucha jednoho zařízení snižuje kapacitu pracoviště o 33,3%. Při poruše tak hrozí nedostatek rozpracovaných výrobků v následujících procesech žíhání a CNC obrábění, jež jsou oba dalšími úzkými místy. Ze zásad opatření pro práci s úzkými místy jasně vyplývá potřeba vytvářet zásobníky rozpracované výroby před úzkými místy (v praxi označované jako WIP). Při nedostatku kapacity hrozí vznik dodatečných nákladů, jak z nevyužití zařízení následujících procesů a následných přesčasových prací v těchto procesech, tak z nutnosti přesčasových prací přímo na zařízení rentgenu.

Za současného stavu je nedostatečná kapacita pracoviště RTG řešena tzv. manuálním režimem. V tom je automatický režim, kdy zařízení samo detekuje defekty výrobků a obsluha rentgenu je pouze potvrzuje, nahrazen přímou kontrolou pracovníka. Tento režim snižuje čas cyklu rentgenu o 50 %. Sice je tak dvojnásobně zvýšena kapacita zařízení, ale automatizace tohoto zařízení postrádá veškerý svůj smysl. Z dlouhodobého hlediska je tak toto řešení neracionální. Rovněž zde vzniká riziko chyb lidského faktoru, kdy případný vstup zmetku do

dalších výrobních procesů zabírá kapacitu těchto zařízení, nemluvě o rizicích spojených s odhalením takového zmetku u odběratele. Společnost XYZ s.r.o. si na kvalitě svých výrobků velmi zakládá a bezchybnost na zařízení RTG nesmí být v žádném případě ohrožena.

Jediným přímým řešením problému současného kapacitního omezení pracoviště RTG je pořízení dodatečného zařízení rentgenu.

Způsob určení návratnosti investice do tohoto zařízení není zcela jednostranný. Můžeme například vyčíslit potenciální vícenáklady, které by vznikaly při zachování současného stavu pracoviště. Dalším hlediskem může být vyčíslení nákladů vznikajících z nedostatku rozpracované výroby v následujících výrobních procesech.

V tomto případě jsem k určení návratnosti použil pouze potenciální vícenáklady zachování současného stavu pracoviště v návaznosti na požadovaný výstup. Za požadovaný výstup byla stanovena plánovaná produkce licích strojů.

Vyčíslení přesčasových hodin

<i>Plánovaná produkce licích strojů</i>	<i>= 4320 ks/den</i>
<i>Maximální kapacita RTG za současného stavu</i>	<i>= 3323 ks/den</i>
<i>Deficit</i>	<i>= 997 ks/den = 4985 ks/týden</i>
<i>Doba přesčasů vlivem deficitu</i>	<i>= 36 h/týden</i>
	<i>= 1877 h/rok</i>

Náklady na přesčasové práce

<i>Náklady na zaměstnance (170 Kč/h x 5 prac.)</i>	<i>= 850 Kč/h</i>
<i>Odpisy zařízení</i>	<i>= 189 Kč/h</i>
<i>Osvětlení</i>	<i>= 43 Kč/h</i>
<i>Suma nákladů na přesčasové práce</i>	<i>= 1082 Kč/h</i>
	<i>= 2 030 914 Kč/rok</i>

Náklady na pořízení zařízení

<i>Cena dodatečného RTG</i>	<i>= 225 000 €</i>
<i>(26 Kč/€)</i>	<i>= 5 850 000 Kč</i>

<i>Návratnost investice</i>	<i>= 2,88 roku</i>
------------------------------------	---------------------------

Jak již bylo uvedeno v předcházejících částech práce, je požadovaná návratnost investic do zařízení spadajících do strategických kroků společnosti **4 roky**. Tato investice tedy splňuje toto kritérium i při propočtu návratnosti, který nezohledňuje další náklady.

Například by se mohlo jednat o náklady vznikající vlivem nedostatku rozpracované výroby v následujících procesech. Při nejširším pojetí výpočtu návratnosti lze rovněž zohlednit vliv nákladů z prodlení dodávky hotových výrobků odběrateli. Z hlediska oboru automobilového průmyslu a využití principu just in time v tomto oboru se tyto náklady pohybují v řádech tisíců eur za minutu zpoždění.

Výhodami pořízení dodatečného zařízení RTG jsou:

- *úspora nákladů za přesčasové práce,*
- *zvýšení kapacity současného pracoviště o 33%,*
- *snížení rizika vzniku dodatečných nákladů za přesčasové práce při poruše některého ze současných zařízení,*
- *eliminace potenciálních chyb lidského faktoru (způsobené manuálním režimem provozu),*
- *v případě změny směnného provozu pracoviště (na 7 dní v týdnu) by bylo možné plánovat údržbu během provozu ostatních zařízení,*
- *doplnění dodatečného zařízení do současného systému nevyžaduje zvýšení počtu obsluhujících pracovníků.*

Nevýhodami pořízení dodatečného zařízení RTG jsou:

- *finanční zatížení podniku tvořené náklady na jeho pořízení,*
- *potřeba drobné modifikace současného pracoviště (systém dopravníků).*

5.2 Opatření pro pracoviště žíhacích pecí

Žíhání je procesem navazujícím na výše řešený proces rentgenové kontroly kol. Časovou analýzou byla zjištěna maximální kapacita současného pracoviště (tedy dvou žíhacích pecí) cca 3350 kusů za jeden pracovní den. (33 s/ks), tedy cca 73 % maximální kapacity licích strojů (žíháno je pouze cca 80 % výstupu licích strojů). Je zde však nutné připomenout, že na rozdíl od ostatních pracovišť, která jsou v provozu pouze od pondělí do pátku, je pracoviště žíhání v provozu 7 dní v týdnu. Tento provoz byl zaveden právě z důvodu nedostatečné kapacity tohoto zařízení, a jedná se tedy o operativní opatření současného stavu. Z dlouhodobého hlediska je však tento způsob provozu nevhodný, a to především v rozporu s principem synchronizace výrobních procesů a dodatečných nákladů na práci zaměstnanců během víkendů.

Z výpočtu ukazatele OEE je patrné, že jediným faktorem ovlivňujícím potenciál stoprocentní efektivity tohoto zařízení jsou neplánované prostoje, které spotřebovávají 11 % disponibilního času tohoto zařízení (OEE = 89%). Z hlediska srovnání s cílovými hodnotami tohoto faktoru podniků světové třídy se sice jedná o příznivou hodnotu, ale jak již bylo uvedeno v kapitole 4.2.2, 9 % z těchto prostojů jsou tvořeny dlouhodobými prostoji, které vyžadují vychladnutí pece.

V minimalizaci těchto dlouhodobých prostojů vidím potenciál zvýšení využití žhacích pecí vedoucí k zvýšení reálné kapacity těchto zařízení. Snížení vzniku těchto dlouhodobých prostojů lze dosáhnout zvýšením priority preventivní údržby, která by měla vycházet z pečlivější evidence vzniků a především příčin vzniků těchto prostojů.

Výhody zvýšení priority preventivní údržby na zařízení žhacích pecí:

- *možnost zvýšení současné reálné kapacity zařízení,*
- *minimální nákladové zatížení této prevence (za předpokladu využití stávajících pracovníků údržby),*
- *snížení rizik vyplývajících z nedostatečného předzásobení následujícího procesu CNC obrábění, které je dlouhodobým úzkým místem,*
- *možnost využití poznatků získaných při zkoumání příčin poruch a realizace preventivních opatření v dalších procesech výroby.*

Nevýhody zvýšení priority preventivní údržby na zařízení žhacích pecí:

- *nutnost dlouhodobého zkoumání a evidence výskytu prostojů,*
- *časová prodleva projevu výsledků preventivní údržby.*

Je zřejmé, že samotným zvýšením preventivní údržby zařízení, i za předpokladu optimálního efektu tohoto kroku, není dostačujícím řešením problému kapacitního omezení tohoto pracoviště. Stejně jako v případě pracoviště RTG se ani pracoviště žhání neobejde bez dodatečného zařízení.

Pořízení dodatečné žhací pece je pro zvýšení průtoku a kapacity oddělení slévárny nevyhnutelné.

V případě pracoviště žhání se však při pořízení dodatečné žhací pece musíme rozhodnout mezi dvěma typy těchto zařízení. Prvním typem žhací pece je tzv. stacionární pec. Jedná se o typ pece, která je ve výrobním procesu XYZ s.r.o. využívána v současném

stavu. Druhým typem žíhací pece je tzv. průběžná žíhací pec. U tohoto typu pece není na rozdíl od prvního typu pece nutnost manipulace (překládání) kol z pásu na žíhací koše. Do průběžné pece jsou totiž kola dopravována pomocí automatického dopravníku. Výhodou průběžného typu pece je tedy možnost přímé návaznosti dopravníku z pracoviště rentgenu na pracoviště žíhání a její vyšší kapacita (ta je způsobena úsporou tepelné energie spotřebovávanou žíhacími koši). Při užití tohoto principu by tedy bylo možné odstranit pracoviště nakládání kol na žíhací koše (za předpokladu automatického identifikačního značení kol). Musíme si ale uvědomit, že je v současném systému výroby použito dvou stacionárních pecí. Při kombinaci stacionárních a průběžných pecí tak není možné využít výše zmíněnou výhodu přímé návaznosti na současný dopravníkový systém. Změna současného systému na systém průběžných pecí by byla navíc z ekonomického hlediska neracionální jednak z důvodu vysokých nákladů na pořízení průběžných pecí (3 300 000 eur za 3 průběžné pece) a jednak z důvodu nevyužití dvou současných stacionárních pecí, které mají z hlediska amortizace stále dlouhou dobu životnosti.

Z výše zmíněných důvodů tedy navrhuji koupi dodatečné stacionární žíhací pece.

Návratnost investice je určena stejným principem jako u výpočtu návratnosti pořízení dodatečného zařízení RTG.

Vyčíslení přesčasových hodin

<i>Plánovaný výstup licích strojů (80%)</i>	<i>= 3456 ks/den</i>
<i>Maximální kapacita žíhacích pecí (5 denní provoz)</i>	<i>= 2393 ks/den</i>
<i>Deficit</i>	<i>= 1063 ks/den = 5315 ks/týden</i>
<i>Doba přesčasů vlivem deficitu</i>	<i>= 53 h/týden</i>
	<i>= 2756 h/rok</i>

Náklady na přesčasové práce

<i>Náklady na zaměstnance (170 Kč/h x 4 prac.)</i>	<i>= 680 Kč/h</i>
<i>Odpisy zařízení</i>	<i>= 567 Kč/h</i>
<i>Osvětlení</i>	<i>= 43 Kč/h</i>
<i>Suma nákladů na přesčasové práce</i>	<i>= 1290 Kč/h</i>
	<i>= 3 555 240 Kč/rok</i>

Náklady na pořízení zařízení

<i>Cena dodatečné žíhací pece</i>	<i>= 750 000 €</i>
<i>(26 Kč/€)</i>	<i>= 19 500 000 Kč</i>

<i>Návratnost investice</i>	<i>= 5,48 roku</i>
------------------------------------	---------------------------

Opět zde musíme zmínit požadavek návratnosti této investice **do 4 let**. Vypočtená návratnost tedy tuto dobu převyšuje o zhruba jeden a půl roku. Stejně jako v případě výpočtu návratnosti RTG zařízení však musíme uvážit možné dodatečné náklady provozu současného zařízení s nižší než požadovanou kapacitou (nedostatečný WIP v následujícím procesu, náklady za opoždění dodávky odběrateli). Z tohoto důvodu tedy doporučuji realizaci této investice.

Výhody pořízení dodatečné žíhací pece:

- *zvýšení kapacity pracoviště o 50 %,*
- *možnost snížení doby provozu na 5 dní v týdnu, které by vedlo k úspoře nákladů na víkendovou práci zaměstnanců,*
- *snížení rizik vyplývajících z nedostatečného předzásobení následujícího procesu CNC obrábění, které je dlouhodobým úzkým místem,*
- *snížení vázanosti kapitálu v rozpracované výrobě před a za procesem žíhání.*

Nevýhody pořízení dodatečné žíhací pece:

- *finanční zatížení podniku tvořené náklady na její pořízení*

5.3 Opatření pro pracoviště CNC

První opatření vycházející z dílčích faktorů ukazatele OEE (viz kapitola 4.2.3) se týká snížení časů seřízení, které vytváří 10 % prostoje snižující disponibilní čas pracoviště. Jak již bylo uvedeno dříve, je snižování časů seřízení dlouhodobým cílem oddělení obrobny. Současný průměrný čas seřízení je 110 minut. V tomto čase je zahrnuta výměna pracovních nástrojů robota, výměna upínacích čelistí, změna programu a všechny zbylé činnosti související se změnou obráběných typů kol. Problémem všech dalších pokusů o snížení času seřizování je jejich náročnost. Čím nižší je totiž současný stav času seřízení, tím hůře se hledají a aplikují kroky vedoucí k dalšímu snížení těchto časů.

Řešením tohoto problému a krokem vedoucím k radikálnímu snížení času seřízení strojního zařízení CNC by mohl být systém tzv. automatického seřizování.

Principem tohoto systému je minimalizace nutnosti zásahu operátorů pracoviště CNC v procesu seřizování. Při použití prvků automatizace v procesu seřízení by došlo k úpravě stávající stanice robota CNC. Stávající systém upínání kol vyžadující manuální výměnu

upínacích čelistí by byl nahrazen systémem univerzálních upínacích čelistí, který by byl schopen měnit velikost dle průměru obráběného kola. Komplikovanější je řešení výměny obráběcích nástrojů, při němž by CNC robot musel nést více obráběcích nástrojů a automaticky je měnit při změně série kol. Konkrétní řešení tohoto systému si vyžaduje odborný návrh specializované firmy.

Snížením prostojů vznikajících seřizováním z původních 10 % disponibilního času na 5 % disponibilního času by byla zabezpečena dostatečná kapacita pracoviště CNC při únosné hodnotě kapacitního využití.

Výhody principu systému automatického seřizování:

- *potenciální několikanásobné snížení času seřízení,*
- *zvýšení využití disponibilního času pracoviště.*

Nevýhody principu systému automatického seřízení:

- *nutnost aplikace tohoto systému na všechna současná i budoucí zařízení CNC,*
- *pravděpodobná finanční náročnost realizace tohoto systému.*

5.4 Opatření pro pracoviště Helium leak test

Pracoviště testu těsnosti héliem je z hlediska chronologie rozložení pracovišť ve výrobním procesu posledním zjištěným úzkým místem. Z hlediska jeho maximální kapacity je toto pracoviště schopno jen stěží pokrýt plánovaný výstup. V tomto ohledu je nutné zvýšit kapacitu toho pracoviště. Jednak není vhodné dlouhodobě využívat 100 % kapacity těchto zařízení a je rovněž nutné počítat s případnými poruchami. V případě poruchy je vzhledem ke 2 kusům HLT zařízení na tomto pracovišti snížena kapacita o 50 % což je z hlediska systému výroby neúnosné.

Z hodnot dílčích faktorů ukazatele celkové efektivnosti HLT je patrné, že je nutné zaměřit se na vliv snížení výkonu zařízení. Toto snížení výkonu neboli rozdíl mezi optimálním časem procesu a reálným časem procesu je však způsobeno především ztrátami rychlosti celé linky včetně dopravníků. Vliv celé linky na zařízení HLT je způsobem jeho závislosti na předcházejících procesech. Helium leak test je totiž plně automatizovaným procesem a kola jsou k němu přiváděna pomocí automatizovaných dopravníků spojujících

procesy CNC, mytí a sušení a HLT. Problém snížení výkonu tak není zapříčiněn procesem zkoušky těsnosti heliem, ale procesy předcházejícími.

Řešením problému nízké kapacity pracoviště Helium leak test je tedy pořízení dodatečného zařízení HLT.

Po vzoru předešlých investic do dodatečného zařízení je návratnost investice do HLT zařízení vypočtena zohledněním potenciálních nákladů na přesčasové práce.

Vyčíslení přesčasových hodin

<i>Plánovaný výstup licích strojů</i>	<i>= 4320 ks/den</i>
<i>Kapacita pracoviště HLT (75% využití)</i>	<i>= 3240 ks/den</i>
<i>Deficit</i>	<i>= 1080 ks/den = 5400 ks/týden</i>
<i>Doba přesčasů vlivem deficitu</i>	<i>= 40 h/týden</i>
	<i>= 2080 h/rok</i>

Náklady na přesčasové práce

<i>Náklady na zaměstnance (170 Kč/h x 2 prac.)</i>	<i>= 340 Kč/h</i>
<i>Odpisy zařízení</i>	<i>= 567 Kč/h</i>
<i>Osvětlení</i>	<i>= 43 Kč/h</i>
<i>Suma nákladů na přesčasové práce</i>	<i>= 950 Kč/h</i>
	<i>= 1 976 000 Kč/rok</i>

Náklady na pořízení zařízení

<i>Cena dodatečného HLT</i>	<i>= 250 000 €</i>
<i>(26 Kč/€)</i>	<i>= 6 500 000 Kč</i>

<i>Návratnost investice</i>	<i>= 3,29 roku</i>
------------------------------------	---------------------------

Kritérium nejvýše čtyřleté návratnosti investice bylo v tomto případě splněno.

Výhody pořízení dodatečného zařízení HLT:

- *zvýšení kapacity pracoviště o 50 %,*
- *snížení rizika vzniku dodatečných nákladů za přesčasové práce při poruše některého ze současných zařízení,*
- *v případě změny směnného provozu pracoviště (na 7 dní v týdnu) by bylo možné plánovat údržbu během provozu ostatních zařízení,*
- *doplnění dodatečného zařízení do současného systému nevyžaduje zvýšení počtu obsluhujících pracovníků.*

Nevýhody pořízení dodatečného zařízení HLT:

- *finanční zatížení podniku tvořené náklady na jeho pořízení.*

5.5 Shrnutí všech návrhů a doporučení

Pro přehledné shrnutí všech návrhů a doporučení vycházejících z analýzy úzkých míst výrobního systému a analýzy procesů vhodných pro uplatnění principu automatizace slouží *tabulka 5.1.*

Tabulka 5. 1: Shrnutí všech návrhů a doporučení

Zdroj: vlastní zpracování

Pořízení dodatečného zařízení RTG	
Náklady:	5 850 000 Kč
Úspora:	2 030 914 Kč/rok
Návratnost investice:	2,88 roku
Zvýšení priority preventivní údržby žihacích pecí za účelem snížení dlouhodobých prostojů	
Náklady:	minimální (při využití současných pracovníků údržby)
Úspora:	snížení nákladů za přesčasové práce (zvýšením kapacity)
Pořízení dodatečné žihací pece	
Náklady:	19 500 000 Kč
Úspora:	3 555 240 Kč/rok
Návratnost investice:	5,48 roku
Systém automatického seřizování CNC	
Náklady:	dle konkrétní nabídky specializované firmy
Úspora:	snížení nákladů za přesčasové práce (zvýšením kapacity)
Pořízení dodatečného zařízení Helium leak test	
Náklady:	6 500 000 Kč
Úspora:	1 976 000 Kč/rok
Návratnost:	3,29 roku

Automatizace procesu nakládání na žihací koše	
Náklady:	dle konkrétní nabídky specializované firmy
Úspora:	2 028 000 Kč/rok
Maximální cena investice:	4 056 000 Kč
Automatizace procesu navěšování na háky automatického vertikálního dopravníku lakovací linky	
Náklady:	dle konkrétní nabídky specializované firmy
Úspora:	390 000 Kč
Maximální cena investice:	780 000 Kč
Automatizace procesu paletizace a balení hotových výrobků	
Náklady:	dle konkrétní nabídky specializované firmy
Úspora:	780 000 Kč
Maximální cena investice:	1 560 000 Kč

6 Závěr

Diplomová práce se skládá ze tří hlavních částí. První část obsahuje teoretické objasnění pojmů, přístupů, metod a všeobecných teoretických poznatků přibližujících možné principy zefektivnění logistických procesů ve výrobním podniku. V druhé části práce byl představen subjekt, jehož předmětem činnosti je výroba litých hliníkových kol pro automobilový průmysl. Rovněž je v této části práce specifikován výrobní systém tohoto podniku, včetně jednotlivých fází a dílčích procesů. Stěžejní částí práce je analytická část, ve které je nejprve podroben analýze celý výrobní systém, a na základě této analýzy jsou nalezena jeho problematická místa, respektive místa s potenciálem zlepšení. Konkrétně se jedná o místa způsobující kapacitní omezení výrobního systému a místa vhodná pro uplatnění principů automatizace. Pro tato místa byly zpracovány návrhy konkrétních opatření pro zefektivnění jejich činností.

Konkrétně se jedná o osm návrhů opatření, týkajících se sedmi dílčích pracovišť respektive procesů výrobního systému. Jedná se o pracoviště RTG, žíhacích pecí, CNC, testu těsnosti héliem a procesů nakládání na žíhací koše, navěšování na háky automatického vertikálního dopravníku lakovací linky, paletizace a balení hotových výrobků.

Pro úzká místa výrobního systému byla navržena taková opatření, která vedou ke zvýšení kapacity těchto míst, a tím dochází k zvýšení kapacity celého systému jako celku. U vybraných procesů byly navrženy způsoby aplikace principu automatizace na tyto procesy.

Cílem mé práce byla analýza vybraných logistických procesů u konkrétního vybraného výrobního podniku. Na základě této analýzy byly nalezeny možnosti zefektivnění těchto procesů a byly zpracovány návrhy jejich realizace vedoucí k úsporám finančních prostředků podniku. Cíl práce byl splněn.

Seznam použité literatury

- [1] ACADEMY OF PRODUCTIVITY AND INOVATION. *OEE – Overall equipment effectiveness*. [online]. Dostupné z: <http://e-api.cz/page/68415.ukazatel-oeel/>
- [2] BAUER, Miroslav et al.. *Kaizen: Cesta ke štíhlé a flexibilní firmě*. 1. vyd. Brno: BizBooks, 2012. 193 s. ISBN 978-80-265-0029-2.
- [3] BENEŠ, P. et al.. *Automatizace a automatizační technika I, Systémové pojetí automatizace*. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2012. 217 s. ISBN 978-80-251-3628-7.
- [4] DANĚK, J. *Logistika*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2004. 187 s. ISBN 80-248-0705-X.
- [5] HORVÁTH, G. *Logistika ve výrobním podniku*. 1. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 2007. 117 s. ISBN 978-80-7043-634-9.
- [6] KUCHARČÍKOVÁ, A. et al.. *Efektivní výroba: využívejte výrobní faktory a připravte se na změny na trzích*. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2011. 344 s. ISBN 978-80-251-2524-3.
- [7] LIKER, J. K. *Tak to dělá Toyota : 14 zásad řízení největšího světového výrobce*. 1. vyd. Praha: Management Press, 2007. 390 s. ISBN 978-80-7261-173-7.
- [8] MACUROVÁ, P. *Logistika II*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2010. 117 s. ISBN 978-80-248-2239-6.
- [9] MANGAN, John; LALWANI, Chandra; BUTCHER, Tim. *Global logistics and supply chain management*. 1. vyd. Chichester: Wiley, 2008. 372 s. ISBN 978-0-470-06634-8.
- [10] PERNICA, Petr et al.. *Arts of logistics*. 1. Vydání: Oeconomica, 2008, 425 s. ISBN 978-80-245-1412-3.
- [11] ROBOTI.CZ. *Vše o průmyslových robotech*. [online]. Dostupné z: <http://www.robots.cz/historie-vyvoj>
- [12] SIXTA, J. a MAČÁT, V. *Logistika: teorie a praxe*. 1. vyd. Brno: CP Books, 2005, 315 s. ISBN 80-251-0573
- [13] SIXTA, Josef; ŽIŽKA, Miroslav. *Logistika: metody používané pro řešení logistických projektů*. 1.vyd. Brno: Computer Press, 2009. 226 s. ISBN 978-80-251-2563-2.
- [14] STEHLÍK, Antonín; KAPOUN, Josef. *Logistika pro manažery*. 1. vyd. Praha: Ekopress, 2008. 266 s. ISBN 978-80-86929-37-8.

- [15] SVOZILOVÁ, Alena. *Zlepšování podnikových procesů*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2011. 223 s. ISBN 978-80-247-3938-0.
- [16] TÖPFER, A. et al.. *SIX SIGMA, Koncepce a příklady pro řízení bez chyb*. 1. vyd. Brno: Computer Press, a.s., 2008. 499 s. ISBN 978-80-251-1766-8.
- [17] VALUE INOVATION. *OEE*. [online]. Dostupné z: http://www.vinn.cz/tema_OEE.html
- [18] VIESTOVÁ, Kristína et al.. *Lexikón logistiky*. 2. Vydání: Iura Edition, 2007, 204 s. ISBN 978-80-8078-160-6.
- [19] VORNE INDUSTRIES, INC. *World Class OEE*. [online]. Dostupné z: <http://www.oee.com/world-class-oee.html>

Seznam zkratek

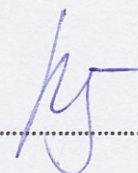
aj.	-	a jiné
cca	-	Circa (latinsky); přibližně
CNC	-	Computer Numeric Control (anglicky); číslíkové řízení počítačem (u obrábění)
CPPČ	-	Celkový plánovaný pracovní čas
est.	-	estimated (anglicky); odhadovaný
FIFO	-	First In First Out (anglicky); metoda vyskladňování zásob, první vstupující
HLT	-	Helium Leak Test (anglicky), test těsnosti héliem
MUDA-		plýtvání (japonsky)
OEE	-	Overall Equipment Effectiveness (anglicky); celková efektivita zařízení
OEM	-	Original Equipment Manufacturer (anglicky); obchodní termín, který označuje výrobce zařízení, jenž při výrobě používá díly, komponenty a zařízení od jiných výrobců a hotový výrobek prodává pod svou vlastní obchodní značkou
ppm	-	Parts per million (anglicky); výraz pro jednu miliontinu prvek podle této metody také první vystupuje
RTG	-	Rentgen
s.r.o	-	Společnost s ručením omezeným
SMED-		Single Minute Exchange of Die (anglicky); rychlá výměna nástrojů
TFM	-	Total Flow Management (anglicky); absolutní řízení toku
TOC	-	Theory of Constraints (anglicky); teorie omezení
TPM	-	Total Productive Maintenance (anglicky); celková produktivní údržba
TPS	-	Toyota Production System (anglicky); výrobní systém Toyota, štíhlá výroba
tzv.	-	takzvaně, takzvaný
WIP	-	Work In Progress (anglicky), rozpracovaná výroba

Prohlášení o využití výsledků diplomové práce

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo;
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3);
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě archivována v Ústřední knihovně VŠB-TUO a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že bibliografické údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO;
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- bylo sjednáno, že užít své dílo, diplomovou práci, nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne: 23. 04. 2013



Ondřej Londín

Seznam příloh

Příloha č.1:	Institucionální členění logistiky
Příloha č.2:	Vstupní údaje časové analýzy
Příloha č.3:	Údaje o prostojích a zmetkovitosti
Příloha č.4:	Schémata navrhovaných řešení automatizace vybraných výrobních procesů